COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS

DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX CENT QUARANTE SEPTIÈME.

PREMIÈRE PARTIE : JUILLET-SEPTEMBRE 1958.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1958



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1958.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL MONTEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la fête nationale, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 juillet au lieu du lundi 14.

M. **Joseph Pérès** signale à l'Académie la présence de M. **Théodore S. Motzkin**, Professeur à l'Université de Californie (Los Angeles). M. le Président lui souhaite la bienvenue et l'invite à prendre part à la séance.

Notice nécrologique sur Charles-Victor Mauguin, par M. **Charles Jacob** [1].

Il était né le 19 septembre 1878 à Provins, où son père, boulanger, était estimé de la population venant chez lui quérir le pain quotidien. S'il y a lieu d'insister sur la petite ville assise près de la Voulzie, « ruisseau coulant à peine visible... parmi les roses de Provins », célébrée au début du XIXe siècle par Hégésippe Moreau, c'est que Ch. Mauguin y est revenu toute sa vie pour y chercher un hâvre de tranquillité dans sa laborieuse existence, hélas assombrie par la santé de son épouse, atteinte de cécité depuis une trentaine d'années.

L'école primaire de Provins le conduisit à l'École normale de Melun (1894-1897). Successivement, stagiaire à Montereau, maître interne au collège de Provins, après un congé d'un an, il entre, fait capital pour lui, à l'École normale supérieure de Saint-Cloud, dans la promotion des sciences de 1904. Là, il a l'heureuse fortune d'avoir comme professeurs, en mathématiques, Édouard Goursat et surtout en chimie Louis-Jacques Simon, à qui il voue une indéfectible reconnaissance. Sur celui-ci,

normalien de la rue d'Ulm, sur le tard professeur de chimie appliquée au Muséum, on dispose d'une Notice due à son camarade de promotion, M. Maurice Caullery. L. J. Simon garda en somme Mauguin auprès de lui, à Saint-Cloud, de 1904 à 1908, puis le présenta à Frédéric Wallerant, qui le prit comme préparateur à la Sorbonne en 1910.

C'est ainsi que sortit la première période, la période chimique, de l'œuvre de Mauguin, dont l'Ouvrage fondamental reste sa thèse de doctorat en 1910, avec le titre : *Les amides bromosodées et leur rôle dans la transposition d'Hofmann.* Dans ces amides telles que l'acétamide, les atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par un atome de brome et un de sodium..., d'où une amide bromosodée, qui se décompose facilement en bromure de sodium et se transforme en isocyanate de méthyle, fournissant avec des réactifs variés, un grand nombre de dérivés. Ainsi s'établissait un lien étroit entre des substances jouant un rôle de premier plan dans les cellules vivantes : amides et uréides. Au sujet de ces travaux, « nul doute — écrit Lucien Cayeux dans un rapport de 1937 à notre Académie — que, si Ch. Mauguin eut persévéré dans cette voie, notre École française de chimie compterait un Maître de plus ».

Mais l'orientation postérieure fut tout autre lorsque Mauguin devint, comme nous l'avons dit, en 1910, préparateur de minéralogie à la Sorbonne. Déjà en 1905, il avait suivi des leçons sur la symétrie professées par Pierre Curie... et la cristallographie devint le vaste domaine qu'il n'a plus guère quitté.

Sur les conseils de F. Wallerant, il s'attaqua d'abord aux « cristaux liquides » du savant badois Otto Lehmann. Leur existence était vivement contestée, aussi bien en Allemagne que chez nous par Georges Friedel. En tous cas, leur dénomination n'était pas heureuse et il vaudra mieux parler de « liquides anisotropes » ou encore de « liquides biréfringents ». Mauguin montre en effet dans une série de publications qu'observés dans des conditions convenables, ils ont bien les propriétés qu'évoquent ces qualificatifs.

Il s'attache aux liquides à structure hélicoïdale qui s'obtiennent en les faisant fondre entre deux lamelles de verre auxquelles ils adhèrent. Si l'on tourne le couvre-objet, c'est alors qu'on obtient la structure hélicoïdale, avec propriétés se modifiant à mesure que la torsion augmente, au moins à condition qu'elle ne dépasse pas 90°, car au-delà, le liquide se tord en sens inverse, pour que le raccord entre les deux faces s'effectue par le chemin le plus court. A ce propos Mauguin réalise une expérience bien curieuse : si l'on soulève la lame couvre-objet, le liquide afflue dans la partie centrale et son épaisseur augmente. Or, malgré les mouvements du liquide, le fluide offre à tout instant un édifice hélicoïdal absolument régulier, avec angle invariable d'enroulement.

Si au lieu de verres isotropes, les deux lames sont elles-mêmes cristallisées, par exemple s'il s'agit de lames de clivage de mica, l'axe optique est non plus normal à la lame cristalline, mais couché sur elle, etc.

Autre recherche : Mauguin étudie l'action d'orientation d'un champ magnétique sur les liquides anisotropes. Ceux-ci sont naturellement troubles et même presque opaques en couche peu épaisse. Or, si l'on place entre les pièces polaires d'un électroaimant une cuve à faces parallèles remplie d'un de ces liquides, avec lames de verres normales aux lignes de force, dès que le courant passe le liquide devient transparent comme de l'eau : toutes les parties sont parallèlement orientées de façon que l'axe optique soit parallèle aux lignes de force.

Toujours dans les liquides anisotropes, Mauguin constate des mouvements browniens, décelés par l'introduction de particules étrangères. Observés entre des nicols croisés à 90°, les liquides anisotropes ne devraient laisser passer aucune lumière; mais par suite des mouvements browniens, les axes optiques s'inclinent plus ou moins et le passage de la lumière est momentanément rétabli.

Il n'est fourni ici qu'un médiocre résumé des travaux de Mauguin sur les liquides anisotropes. Pour avoir mieux, on se référera à lui-même, notamment dans les deux Notices qu'il a écrites en 1931 et 1936, lorsqu'il fut candidat à l'Académie des Sciences.

Mais nous sommes arrivés ainsi en 1914. Mobilisé en août, Mauguin fit d'abord un an de séjour au front. Puis, rappelé par L. J. Simon au laboratoire de la rue d'Ulm, voici ce qu'il nous dit : « Pour ma part, j'étudiai la préparation du gaz phosgène et mis au point une fabrication du chlorure de cyanogène pour le chargement des obus. L'armistice heureusement arrêta l'épouvantable massacre avant que les terribles projectiles n'aient été employés. »

Revenu au laboratoire six mois après l'armistice de 1918, Mauguin reprit ses travaux, mais dans d'autres compartiments.

Il apprit que pendant les hostilités, s'appuyant sur la découverte en 1912 par le physicien allemand Laue de la diffraction des rayons X par les réseaux cristallins, une nouvelle technique était née grâce à Sir William Bragg, aidé plus tard par son fils Sir Lawrence Bragg. Elle permet de situer dans les cristaux les atomes diffractants, de discerner les molécules qu'ils constituent et les agencements de celles-ci dans l'édifice réticulaire. Mis au courant de tout cela, Ch. Mauguin en publie deux mises au point, l'une pour le Conseil de chimie Solvay, l'autre dans les Conférences-Rapports de Physique, et, grâce à F. Wallerant, il se procure assez rapidement l'outillage indispensable pour ce genre de recherches dont il sera le véritable initiateur dans notre pays.

Lui-même, il s'attaque aux minéraux suivants : la calcite, l'oligiste et le

corindon, le cinabre, le calomel et le graphite. Il ne saurait être question de détailler ici toutes ces études qui se continueront par la construction d'un spectrographe cylindrique spécialement adapté à l'étude des cristaux lamellaires tels que graphite, micas, chlorites, etc. D'où une série de publications fondamentales, qui se complètent dans le cadre international par la publication en 1935 de Tables internationales pour la détermination des structures des cristaux.

Notons enfin que Mauguin, sollicité par Victor Grignard, a accepté de rédiger, pour le Traité de chimie organique de celui-ci, un chapitre ayant pour objet l'application des rayons X à l'étude des composés organiques. Ces derniers travaux s'accompagnent de méthodes de calcul avec des essais de formules tout à fait générales. Celles-ci témoignent de la connaissance des plus hautes méthodes mathématiques chez Ch. Mauguin, qui, avec de telles préoccupations, n'a jamais cessé de se perfectionner, par exemple au contact des enseignements d'Henri Poincaré.

On voit à quelle hauteur s'est élevé l'ancien élève de Saint-Cloud qui, au demeurant, par un enseignement hors de pair à la Sorbonne, a fait école à la Sorbonne et encouragé des élèves de valeur.

Pour finir, revenons pour les compléter sur les étapes successives de la carrière universitaire de Ch. Mauguin et les charges successives qu'il a bien voulu accepter.

D'abord préparateur à la Sorbonne, il vint le 1er mai 1912 à la maîtrise de conférences de Minéralogie à Bordeaux. Puis le 1er décembre 1913, il gagne Nancy où il ne tarde guère à être promu professeur; il y reste jusqu'en 1919, puis revient définitivement à Paris d'abord comme maître de conférences, ensuite comme professeur à titre personnel, jusqu'à ce qu'il succède à son Maître F. Wallerant. Sa propre carrière le conduira à la classe exceptionnelle le 1er octobre 1943 et à sa retraite le 31 décembre 1948; il aura comme successeur son élève Jean Wyart.

Quant aux charges à Paris, il a accepté d'être assesseur du doyen de la Faculté des Sciences et membre du Conseil de l'Université et, non cantonné dans sa minéralogie, il a présidé les Sociétés de minéralogie, de chimie physique, de physique et même — souvenir de ses herborisations de jeunesse — celle de mycologie.

Chez nous, à l'Académie des Sciences, d'abord plusieurs fois lauréat de nos prix, il fut élu le 1er mars 1937 dans notre Section de Minéralogie. Cette candidature aussi bien qu'une précédente en 1931 nous a valu deux Notices particulièrement élégantes auxquelles j'ai fait de nombreux emprunts.

Assidu à nos séances, il y était un modèle d'attention. Il y vint jusqu'à deux mois avant sa mort. Alors, atteint d'une laryngite, il a dû rester à son domicile n° 14, avenue Hoche, à Thiais, Seine. Il téléphonait néan-

moins tous les jours à son laboratoire de la Sorbonne, parlant des travaux de tous, des évènements mondiaux, du rôle social de la science, du problème de la paix.... Mais subitement la laryngite s'aggrava, prenant un caractère cancéreux qui le fit hospitaliser à l'Institut Gustave-Roussy de Villejuif, Seine, où il est décédé le 25 avril 1958. La levée du corps eut lieu le 29 dans l'après-midi. Nous y étions plusieurs, notamment notre Président Paul Montel. M. le doyen Joseph Pérès et M. Jean Wyart ont prononcé quelques paroles profondément émues, s'adressant à Mme Mauguin, pitoyable dans son isolement et son infirmité, aussi bien qu'à sa famille.

(1) Lue en la séance du 12 mai 1958.

GÉOLOGIE. — *Observations stratigraphiques sur le Nummulitique des Cordillères bétiques (Espagne méridionale).* Note de MM. **Robert Busnardo, Michel Durand Delga, Paul Fallot** et **Jean Magné.**

Coupes du Nummulitique prébétique au Nord d'Huescar et de Caravaca, du Nummulitique subbétique au Sud de Caravaca (série marneuse continue du Maestrichtien au Bartonien, avec Oligocène transgressif). Continuité de la sédimentation marneuse du Crétacé au Lutétien dans la région d'Alicante (Alfaz).

Des observations effectuées dans les Cordillères bétiques en 1956 et 1957 permettent, dès maintenant, de se faire une idée nouvelle de la stratigraphie du Nummulitique de cet immense domaine, de montrer que la sédimentation marine s'y est largement étendue durant l'Éocène-Oligocène et d'y souligner l'hétéropisme qui différencie le Subbétique du Prébétique.

La présente Note résume l'essentiel des données concernant quatre secteurs principaux : Prébétique au Nord d'Huescar, puis de Caravaca; Subbétique au Sud de Caravaca ; enfin région littorale au Nord-Est d'Alicante. Un Mémoire complémentaire est destiné à la *Revue de Micropaléontologie.*

Outre les Foraminifères dégagés (J. M.) et les sections d'organismes en lames minces (M. D. D.), les Nummulites furent obligeamment déterminées par M. Lanteaume et les Orthophragmines par Mme Neumann.

A. *Le Nummulitique prébétique au Nord d'Huescar* (R. B., M. D. D. et P. F.). — La route de Santiago de la Espada à la Puebla de Don Fadrique montre une excellente coupe au Nord de cette dernière localité (1). En légère discordance sur des calcaires zoogènes du Crétacé moyen-supérieur reposent :

1. Calcaires compacts ($>$ 200 m) grisâtres, souvent chargés de très petits grains de quartz et débutant au Puerto del Puntal par des niveaux empâtant de petits galets de calcaires crétacés. Le milieu de la masse

calcaire a fourni des Nummulites granuleuses à cachet lutétien supérieur, des *Alveolina* du type *elongata*, *Discocyclina* (*D. discus*, *D. marthæ*, *D. sella*), *Orbitolites complanatus*, *Fabiania*, etc. (Lutétien supérieur).

2. Alternances de marnes sableuses gris bleuté, à patine brunâtre, et de grès calcareux tendres de même teinte (plusieurs centaines de mètres), dont la base contient la microfaune priabonienne suivante : *Turborotalia centralis*, *T. increbescens*, *Globigerinoides* cf. *index*, *Globigerina dissimilis*, *G.* cf. *linaperta*, *G. mexicana*, *G.* cf. *ouachitaensis* var. *senilis*, *Rotalia byramensis*, *R. rimosa*, *Vulvulina* cf. *eocæna*, *V.* cf. *lacera*, *V.* cf. *nummulina*.

A quelques dizaines de mètres au-dessus de ce niveau, un banc contient *Nummulites* cf. *aturicus*. On serait donc à l'extrême base de l'Éocène supérieur. La microfaune des horizons les plus élevés de cette sorte de Flysch, privé de formes planctoniques, a livré *Rot.* cf. *byramensis*, *R.* cf. *rimosa*, etc. Des bancs calcaires, très riches en petits quartz anguleux, s'y intercalent : ils montrent de petites Nummulites, des Orthophragmines, des *Chapmanina* et souvent d'innombrables Gypsinidés, analogues à ceux du Bartonien des Landes ([2]).

3. Marnes grises (environ 50 m) qui, à 10 m de leur base, ont fourni des Lépidocyclines et de probables *Miogypsinoides* (dét. confirmée par M. J. Cuvillier). Vers le milieu de ce terme 3, la microfaune présente un cachet aquitanien avec *Globigerina bulloides*, *G. conglomerata*, *Globigerinoides trilocularis*, *Turborotalia* cf. *mayeri*, et un riche benthos : *Spiroplectammina carinata*, *Nonion pompilioides*, *Cibicides dutemplei*, *C. floridanus*, *Planulinella* cf. *escornebovensis*, *Pl.* cf. *hieroglyphica*, etc.

L'Éocène prébétique comporte donc, ici, sur le Crétacé, des calcaires lutétiens transgressifs, un « Auversien »-Bartonien marin, l'Oligocène supérieur, transgressif, de puissance réduite puis, transgressif à son tour et légèrement discordant, le Miocène inférieur-moyen calcaire et marneux ([3]).

B. *Le Nummulitique prébétique au Nord de Caravaca* (R. B., M. D. D. et P. F.). — A une cinquantaine de kilomètres à l'Est du secteur précédent, les environs de Moratalla offrent une intéressante coupe du Nummulitique prébétique.

L'Éocène moyen, discordant sur des dolomies crétacées, est constitué par plus de 300 m de calcaires à grandes Nummulites et grands Cérithidés, avec de nombreuses intercalations marneuses, gréseuses et conglomératiques ([4]). Près de l'ancienne usine électrique de Moratalla, ce Lutétien est surmonté par quelques dizaines de mètres de marnes rouges avec lits de gypse et horizons de marnes brunâtres à *Ostrea cyathula* (dét. de Mme Freneix) et *Ampullina crassatina* (dét. de M. Brébion).

Si la première espèce apparaît à l'Éocène supérieur, les deux formes coexistent à l'Oligocène. Les Foraminifères et les Ostracodes (dét. de M. Grékoff) ont un cachet oligo-miocène. On peut donc évoquer pour ces

horizons — et les Characées, déterminées par M. Grambast, militent dans le même sens — un âge oligocène supérieur, Aquitanien inclus. Sur cet Oligocène laguno-marin vient une dalle de calcaires à Amphistégines, surmontée de marnes bleutées à microfaune du Miocène inférieur.

C. *Le Nummulitique subbétique au Sud de Caravaca* (R. B., M. D. D. et P. F.). — En zone subbétique, les abords de Caravaca — 65 km à l'Ouest de Murcie — fournissent une bonne coupe, déjà décrite [4] quant au Crétacé supérieur.

Non loin du cimetière de Caravaca, le Barranco del Gredero permet d'observer la suite de la série, qui pend de 20 à 30° au Nord-Ouest. Au-dessus de calcaires blanchâtres maestrichtiens on trouve :

1. Marnes gris verdâtre et grises (environ 50 m) à Rosalines du Maestrichtien supérieur [4], passant insensiblement au terme suivant.

2. Marnes grises (environ 15 m), datées du « Danien » par l'association planctonique de *Globigerina pseudobulloides*, *Gl. triloculinoides*, *Globorotalia compressa*...

3. Marnes alternativement rouges et grises (7-8 m) avec petits lits de marno-calcaires blancs, dont la microfaune, identique à la précédente, se complète par *Gl. membranacea*. Il s'agit encore de « Danien ».

4. Marnes grises (20-25 m), identiques aux marnes 2. A 10 m de leur base elles contiennent : *Truncorotalia acuta*, *Tr. crassata* var. *æqua*, *Tr.* cf. *angulata*, *Tr. naussi*, *Tr. velascoensis*, *Globorotalia membranacea*, *Globigerina finlayi*, *Gl. triloculinoides*, etc. On est dans le « Paléocène » (= Éocène inférieur anté-Yprésien).

La coupe du Barranco del Gredero s'interrompt à ce niveau. A 300 m plus au Sud-Ouest, environ 1 km au Sud du Rincón de Egea, on en retrouve la suite, et le sommet du terme 4 y a livré une microfaune paléocène analogue à la précédente, mais dans laquelle les Globigérines se diversifient : *Gl. aspensis*, *Gl. esnaensis*, *Gl. finlayi*, *Gl.* cf. *lozanoi*, *Gl. pseudobulloides*, *Gl. soldadoensis*, *Gl.* cf. *taroubaensis*, etc. Chose remarquable, ce Paléocène contient à tous les niveaux des Gümbélines, comme le Crétacé supérieur sous-jacent.

5. Calcaires blanchâtres (10-15 m) en bancs de 10-20 cm. Il s'agit probablement d'Yprésien avec *Nummulites* gr. de *irregularis*, *N.* du type *globulus*, des Orthophragmines mal conservées, des Assilines, de petites Alvéolines, etc.

6. Marnes alternativement rouge brique et blanchâtres (environ 40 m), avec lits de marno-calcaires blancs rosés. L'un d'eux, à environ 10 m de la base, contient de petites *Nummulites* cf. *incrassatus*, *N.* cf. *lucasi* ?, des Alvéolines flosculinisées, des Assilines du type *leymeriei*, *Discocyclina archiaci*. Le quart supérieur de cet horizon 6 appartient à l'Yprésien-Lutétien inférieur (*Truncorotalia aragonensis*, *Tr. crassata*, *Tr. naussi*, *Tr.*

wilcoxensis, *Globigerina aspensis*, *Gl. finlayi*, *Gl. gravelli*, *Gl. lozanoi*, *Gl. soldadoensis*, *Gl.* cf. *taroubaensis*, etc.).

7. Marnes blanchâtres (environ 200 m). Dès leur extrême base, elles comportent une association caractéristique du Lutétien supérieur : *Turborotalia centralis*, *Globigerina dissimilis*, *Gl. mexicana*, *Gl. yeguaensis*, *Globigerinoides index*, *Hantkenina* cf. *alabamensis*, *H. liebusi*, *H.* cf. *longispina*, etc. Leur extrême sommet appartient déjà à l'Éocène supérieur, daté par *Turborotalia centralis*, *T. cerro-azulensis*, *T. increbescens*, *Truncorotalia aragonensis*, *Tr. crassata*, *Globorotalia lehneri*, *Globigerina dissimilis*, *Gl. ouachitaensis* var. *senilis*, *Gl. rotundata* var. *jacksonensis*, *Hantkenina alabamensis*, *H. liebusi*, etc. Latéralement, ces horizons supérieurs admettent des lumachelles d'*Asterodiscus stellatus*, d'*Actinocyclina radians*, d'Assilines, d'Operculines et de *Nummulites incrassatus*, *N. garnieri*, *N.* cf. *chavannesi*. Ces dernières caractérisent le Bartonien et probablement un niveau élevé de celui-ci. On soulignera la présence d'Assilines, souvent considérées — à tort — comme ne dépassant pas le Lutétien.

8. Marnes grisâtres ou blanchâtres (plus de 200 m) avec bancs calcaires. Elles sont oligocènes dès leur base, avec *Eulepidina* sp., *Nephrolepidina* cf. *tournoueri* (dét. I. M. van der Vlerk et G. M. Verspyck) et une microfaune abondante : *Globigerina dissimilis*, *Gl. venezuelana*, *Gl.* cf. *bulloides*, *Gl.* cf. *conglomerata*, *Gl.* cf. *globularis*, *Globigerinoides trilocularis*, etc. L'extrême sommet de ce terme indique un Oligocène très élevé avec, outre les espèces précédentes : *Globigerinoides triloba*, *Globoquadrina* cf. *dehiscens*, *Gl. quadraria* var. *advena*, *Turborotalia mayeri*, etc. *Le caractère transgressif de l'Oligocène* est attesté par l'absence de Priabonien supérieur et le remaniement de microfaunes sénoniennes.

Ainsi dans le Subbétique du Sud de Caravaca s'observe une série marneuse continue du Maestrichtien jusqu'au Bartonien et puissante d'environ 300 m. Les microfaunes, toujours abondantes, sont riches en plancton et pauvres en benthos. Le faciès de « couches rouges », considéré jusqu'à présent comme typiquement sénonien dans la zone subbétique, se retrouve à Caravaca dans le « Danien » et dans l'Ypréso-Lutétien inférieur.

D. *L'Éocène des environs d'Alfaz* (R. B. et M. D. D.). — La zone littorale, à 40 km au Nord-Est d'Alicante, présente une belle série nummulitique aux environs de Benidorm. Ses termes inférieurs, dont R. Nicklès [5] a donné une excellente description, affleurent près d'Alfaz-del-Pi. Nous avons coordonné ici les observations faites dans le Barranco de Soler (à l'Ouest immédiat d'Alfaz) et près des Foyes Blanques (à 1,5 km plus au Nord-Est). Sur le Maestrichtien, constitué de marnes blanchâtres à bancs calcaréo-marneux, avec *Globotruncana contusa*, *Gl. stuarti*, *Pseudotextularia varians*, *Trinitella scotti*, etc. (dét. J. Sigal), viennent.

1. Horizon (1-3 m) à galets calcaires crétacés dans un ciment marneux tendre, avec nombreux Oursins « daniens » (*Coraster vilanovæ*, *Brissopneustes vilanovæ*, etc.). La microfaune, principalement constituée de Foraminifères sénoniens remaniés, montre comme formes autochtones : *Globorotalia compressa*, *Globigerina pseudobulloides*, *Gl. triloculinoides*, *Coleites reticulosus*, des *Navarella*, etc. dont l'association caractérise le « Danien ».

2. Marnes schisteuses (15-35 m), alternativement gris verdâtre et rosées, avec horizons de calcaires marneux. Leur moitié inférieure est encore « danienne » avec un riche plancton qui comprend, outre les espèces du niveau 1, *Globorotalia membranacea*. Leur moitié supérieure, par contre, appartient au Paléocène : outre les *Globorotalia* précédentes, on y observe : *Truncorotalia angulata*, *Tr. crassata* var. *æqua*, *Tr. naussi*, *Globigerina aspensis*, *Gl. finlayi*, *Gl. lozanoi*, *Gl.* cf. *soldadoensis*, etc., avec encore quelques formes sénoniennes remaniées. L'extrême sommet de cette formation a livré *Truncorotalia acuta*, *Tr. angulata*, *Tr.* cf. *marksi*, *Tr. velascoensis*, *Globorotalia membranacea*, *Globigerina finlayi*, *Gl. linaperta*, *Gl. taroubaensis*.

3. Calcaires blanchâtres (environ 1 m) pétris de *Discocyclina seunesi*, *Operculina heberti*, avec des *Miscellanea*, divers Rotalidés et quelques *Distichoplax biserialis*. Ce niveau appartient nettement au Paléocène.

4. Marnes blanches (50 m environ), contenant sur toute leur épaisseur des microfaunes paléocènes analogues à celle du sommet du niveau 2, passant vers le haut à des marnes blanchâtres (plus de 100 m) avec rares lits calcaires. Dans leur tiers inférieur, immédiatement à l'Est de Foyes Blanques, ces dernières ont fourni une riche microfaune de l'Éocène inférieur franc : *Truncorotalia aragonensis*, *Tr. crassata* et var. *densa*, *Globigerina aspensis*, *Gl. finlayi*, *Gl. linaperta*, *Gl.* cf. *lozanoi*, etc. Vers leur sommet, on trouve des lits à petites Nummulites indéterminables et microfaune de l'Yprésien-Lutétien inférieur, comportant outre les espèces précédentes, *Globorotalia lehneri*, *Neorotalia alicantina*, etc.

Ces horizons sont recouverts d'une épaisse formation récente, à galets empâtés dans un ciment rubéfié, qui masque les termes plus élevés de l'Éocène, eux-mêmes marneux. Il faut aller à l'Ouest de Benidorm, sur la route côtière, pour en observer une magnifique coupe qui sera détaillée ailleurs.

Ainsi, dans la région littorale au Nord-Est d'Alicante, le Maestrichtien est surmonté par un « Danien » essentiellement marneux, avec horizons rosés et traces de remaniement du substratum crétacé. Ce « Danien » passe au Paléocène marneux, puis à l'Yprésien-Lutétien inférieur. Près d'Aspe (Ouest d'Alicante), G. Colom a décrit (1), des faciès et des microfaunes de l'Yprésien-Lutétien inférieur, identiques à ceux d'Alfaz.

E. *Éocène inférieur d'autres secteurs.* — Quelques faits méritent, dès maintenant, d'être signalés :

a. Des marno-calcaires rosés à microfaune de l'Éocène inférieur ont été observés en zone subbétique au Nord de María, c'est-à-dire à environ 50 km au Sud-Ouest de Caravaca, sur la piste de Topares vers El Alcaide. Cet Éocène inférieur est à la base d'une épaisse série nummulitique où figure de l'Oligocène à Lépidocyclines;

b. A 50 km au Nord-Est de Grenade, le bord Nord-Ouest du massif du Mencal, qui appartient à la même zone subbétique, a fourni à l'un de nous (P. F.) et à M. Fontboté, non loin de la source de Pedro Martinez, des marno-calcaires blanchâtres et rosés que leur microfaune date de l'Éocène inférieur;

c. En zone bétique, dans le Flysch qui frange au Nord la nappe de Malaga, le Paléocène a été repéré au Nord de Colmenar (C. de la Caldera), sous forme de lentilles de calcaires marneux bleutés à *Globorotalia.*

Conclusions. — Ainsi qu'il était admis, la mer tertiaire ne paraît avoir atteint la zone prébétique qu'au Lutétien. Par contre, les faits résumés ici établissent qu'en zone subbétique elle a régné sans interruption du Crétacé supérieur à l'Éocène supérieur, y déposant des sédiments marneux pélagiques. L'existence, à l'Éocène inférieur, d'un terme paléocène faisant suite au « Danien », puis d'un terme yprésien, est désormais bien établie. La sédimentation, qui est restée relativement profonde à l'Éocène moyen, explique sans doute l'absence presque générale de Nummulitidés dans certains des dépôts étudiés.

Vers l'Est, ce bassin a dû se relier à celui d'Alicante où, dans le quadrilatère Elche-Aspe-Jijona-Callosa de Ensarria, régnait une sédimentation marneuse. On note toutefois là, d'une part la trace de discontinuités (remaniement, au « Danien » et au Paléocène, de débris et de microfaunes du Sénonien sous-jacent); d'autre part, à l'Éocène moyen, l'indice de conditions moins profondes soulignées par l'abondance des Nummulitidés. La similitude, malgré ces nuances, des séries de Caravaca et d'Alicante pose la question de l'appartenance paléogéographique et structurale de ce dernier domaine, que B. Darder et l'un de nous [1] avaient rattaché au Prébétique. L'existence dans la région de Callosa de Ensarria de couches pélagiques de passage entre le Sénonien et l'Éocène moyen (comme dans la zone subbétique) obligera peut-être à réviser cette interprétation à la lumière de levers détaillés qui manquent encore.

Vers l'Ouest, la mer de l'Éocène inférieur subbétique s'est très probablement étendue non seulement jusqu'au Mencal, mais beaucoup plus loin.

Vers le Sud-Ouest, la mer a même atteint le domaine du Bétique de Malaga dont la situation avant les charriages devait être beaucoup plus méridionale.

Il n'y a pas eu de régression générale au début du Priabonien. Caractérisés à l'Ouest de Murcie (Caravaca), à l'Ouest d'Alicante (⁵) et près de Benidorm, les dépôts de cette époque revêtent des faciès marneux continuant le régime de l'Éocène inférieur et moyen. La mer bartonienne a même subsisté en certains secteurs marginaux de la zone prébétique : ainsi, au Nord d'Huescar, le Bartonien montre des faciès marins, mais à caractères littoraux.

A la lumière des faits rassemblés jusqu'à présent, il semble que le Priabonien supérieur marin soit absent et que l'Oligocène — voire l'Oligocène supérieur — soit nettement transgressif. Les mers oligocènes se sont très largement étalées, allant jusqu'à baigner la marge prébétique, parfois franchement (Nord d'Huescar), parfois sous forme d'invasions temporaires de domaines plus ou moins émergés (Nord de Caravaca).

(1) P. Fallot, *Cons. sup. Invest. Cient.*, Madrid, 1945.

(2) J. Cuvillier, *Stratigraphic correlations by microfacies in Western Aquitaine*, Brill, Leyde, 1956.

(3) R. Busnardo, M. Durand Delga et P. Fallot, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2320.

(4) R. Busnardo, M. Durand Delga, P. Fallot et J. Sigal, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 462.

(5) R. Nicklès, *Ann. Hébert*, 1, 1892, Paris.

(6) G. Colom, *Bol. Inst. geol. min. España*, 66, 1954,

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les gaz volcaniques des fumerolles du mont Pelé (Martinique) et de la Grande Soufrière de Basse-Terre (Guadeloupe).* Note de MM. **René Fabre** et **Marcel Chaigneau.**

Analyse des gaz émis par les fumerolles du mont Pelé et de la Grande Soufrière, effectuée sur des prélèvements stabilisés sur place, afin d'éviter les interactions. Comparaison avec les analyses effectuées en 1902 et 1904.

Au cours d'une mission aux Antilles françaises, nous avons, à la demande de M. le Directeur de l'Institut de Physique du Globe, effectué des prélèvements aux fumerolles du mont Pelé et de la Grande Soufrière, en vue d'en établir la composition et de comparer celle-ci avec celle relevée dans les analyses faites par H. Moissan en 1902 et en 1904.

Les prélèvements ont été effectués à la fumerolle du Prêcheur du mont Pelé et aux deux points de la Grande Soufrière indiqués sur le schéma ci-joint. Ces opérations n'ont pu être réalisées de façon satisfaisante que grâce à la collaboration aussi expérimentée que dévouée de MM. les Directeurs des observatoires Mollart, à la Martinique, et Jollivet, à la Guadeloupe ainsi que de M. Grunevald, géologue à Fort de France.

Une enquête préliminaire nous permettait de soupçonner l'existence simultanée de gaz pouvant donner lieu à des interactions (en particulier : vapeur d'eau, anhydride sulfureux, hydrogène sulfuré). Nous avons mis au point une technique de prélèvement permettant d'éviter celles-ci.

Nous avons, dans ce but, préparé trois sortes d'ampoules destinées aux prélèvements. Ces ampoules, d'une capacité de 300 cm^3 environ, ont été scellées sous un vide de l'ordre de 10^{-2} mm Hg. Les unes renfermaient de 12 à 15 g d'anhydride phosphorique en poudre, en vue de dessécher rapidement le mélange gazeux; les autres contenaient un tube à ponce phosphorique préalablement taré, afin de doser la vapeur d'eau; enfin, les dernières étaient vides de façon à étudier, par comparaison avec les précédentes, les variations de composition se produisant entre l'époque des prélèvements et l'analyse, du fait des réactions susceptibles de prendre naissance en présence de l'eau.

Les prélèvements ont été effectués en s'aidant de tubes et entonnoirs en polyvinyle qui étaient introduits dans l'orifice de la fumerolle. A l'autre extrémité, une poire à double soupape, aspirante et foulante, permettait d'assurer un balayage du tube. L'extrémité de l'ampoule était alors adaptée au tube, en remplacement de la poire, et la partie capillaire terminale était brisée. Le prélèvement terminé, l'ampoule était à nouveau scellée par fusion d'une petite masse de mastic Golaz préalablement introduite dans le tube d'adduction.

De retour au laboratoire, l'ampoule était scellée à une trompe à mercure de Sprengel comportant un dessiccateur à anhydride phosphorique sur la canalisation. Le vide étant obtenu (10^{-2} mm Hg), le Golaz était à nouveau fondu et les gaz extraits en totalité.

Dans le cas des ampoules contenant un tube à ponce phosphorique taré, il était nécessaire, après l'extraction des gaz, d'introduire de l'air déshydraté sur anhydride phosphorique avant de sortir le tube pour le peser.

Les analyses de gaz ont été conduites selon la technique de MM. P. Lebeau et A. Damiens ([1]). Signalons, cependant, que l'hydrogène sulfuré a été absorbé par le sulfate cuivrique en cristaux humidifiés et l'anhydride sulfureux par le bioxyde de plomb aggloméré sous forme de petites billes. En fin d'analyse, les gaz rares qui se trouvent mélangés à l'azote ont été dosés par mesure du volume gazeux résiduel après avoir absorbé l'azote par le calcium à 500°.

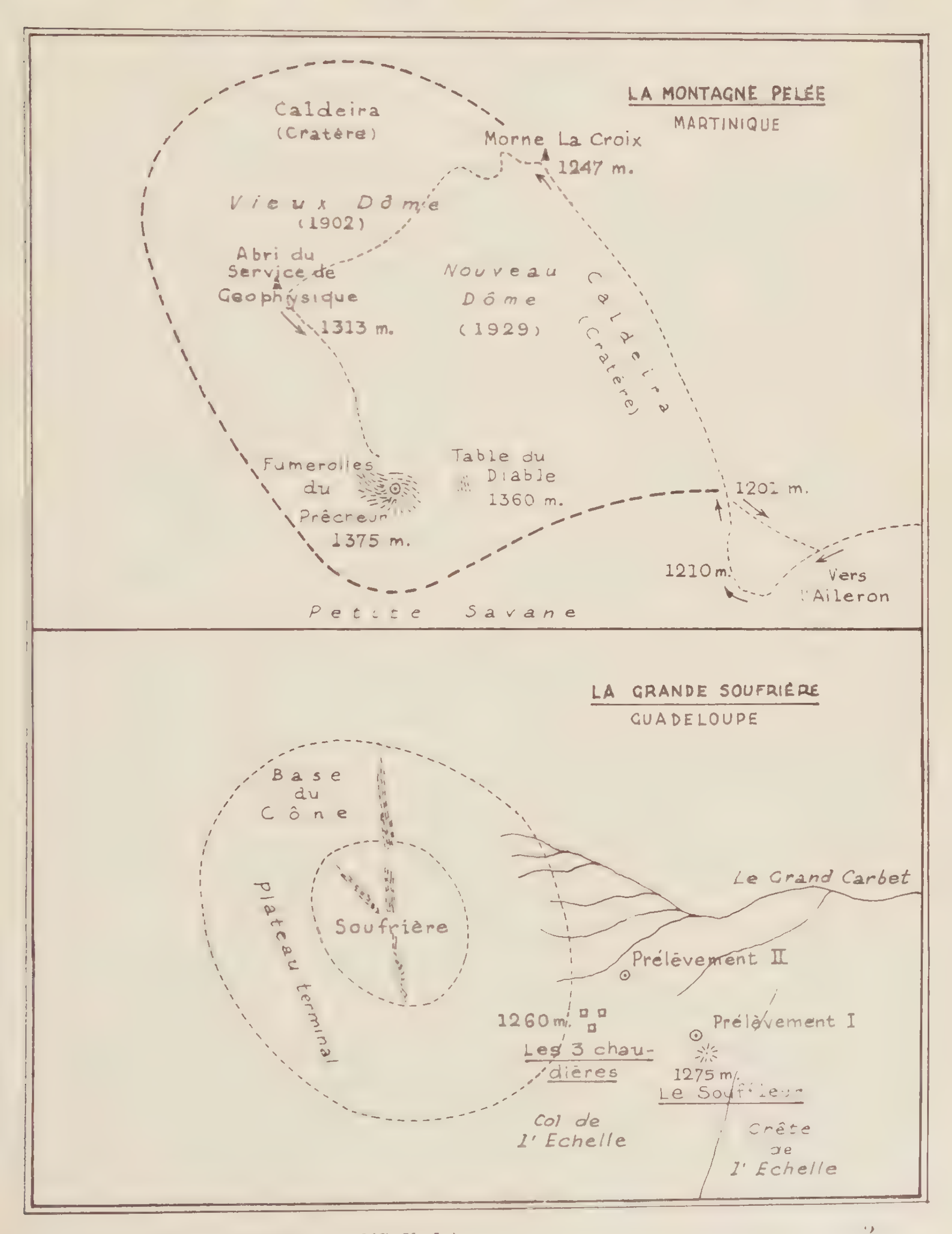
Signalons d'abord que le débit de la fumerolle du Prêcheur était très faible; les vapeurs, peu abondantes, étaient très sensiblement inodores et leur température ne dépassait pas 70 à 80°.

Nous donnons ci-dessous les teneurs en eau des gaz examinés. Ces résultats ont été obtenus en tenant compte de l'augmentation de poids

des tubes tarés en fonction du volume de l'ampoule ayant servi au prélèvement :

Mont Pelé (Fumerolle du Prêcheur)	0,72 (± 0,05) cm³ pour 100 cm³
Grande Soufrière (Fumerolle de l'Échelle)	91,35 (± 0,2) »
» (Fumerolle des Trois-Chaudières)	95,3 (± 0,2) »

1. *Fumerolle du Prêcheur (mont Pelé, Martinique).* — Les analyses



suivantes se rapportent aux mélanges gazeux parfaitement déshydratés par l'anhydride phosphorique :

(%).	Gaz conservé en présence d'un tube à P_2O_5.	Gaz conservé en présence d'un grand excès de P_2O_5 I.	II.	Gaz conservé sans déshydratant.
CO_2	0,49	0,56	0,55	0,52
O_2	[illegible]	20,40	20,53	20,38
N_2	[illegible]	78,13	78,92	79,10
Gaz rares	0,94	0,91		

Nous avons constaté l'absence d'hydrogène, d'hydrocarbures, d'oxyde de carbone, d'anhydride sulfureux, d'hydrogène sulfuré et d'acide chlorhydrique. Si l'on compare ces résultats à ceux obtenus par H. Moissan [2] sur des prélèvements faits dans le même secteur, on constate une évolution considérable aussi bien dans la teneur en eau que dans la composition du mélange de gaz déshydratés. Actuellement, il s'agit d'air humide s'échappant en faible quantité des fumerolles et dont la teneur en anhydride carbonique est environ 18 fois supérieure à celle de l'atmosphère.

2. *Fumerolle de l'Échelle, dite « Le Souffleur » (Grande Soufrière, Guadeloupe)* (alt. 1275 m et $t = 100°$ C).

(%).	Gaz conservé en présence d'un tube taré à P_2O_5.	d'un excès de P_2O_5.	de l'eau de condensation.
SH_2	5,50	5,48	0,78
SO_2	21,50	20,71	15,25
CO_2	62,25	63,81	72,20
O_2	2,50	2,15	0,34
CH_4	1,15	1,18	1,66
N_2 + Gaz rares	7,10	6,67	9,68
ClH	Néant	Néant	Néant

Le liquide aqueux de condensation contenait du soufre en suspension et de l'acide sulfurique en solution. Le dosage des gaz rares conduit à un pourcentage de 2,2-2,4 % par rapport à l'azote.

3. *Fumerolle des Trois-Chaudières (Grande Soufrière, Guadeloupe)* (alt. 1260 m, $t = 100°$ C).

(%).	Gaz conservé en présence d'un tube taré à P_2O_5.	d'un excès de P_2O_5.	de l'eau de condensation.
SH_2	4,03	[illegible]	1,34
SO_2	26,51	[illegible]	[illegible]
CO_2	62,98	[illegible]	[illegible]
O_2	0,57	[illegible]	[illegible]
CH_4	0,58	[illegible]	[illegible]
N_2 + Gaz rares	5,32	[illegible]	6,84
ClH	Traces	Traces	Traces

Le condensat aqueux contenait du soufre en suspension, de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique.

Le pourcentage de gaz rares par rapport à l'azote était, dans ce cas, de 2,6-2,7 %, alors qu'il est normalement de 1,177 % dans l'air atmosphérique.

Si l'on compare les résultats obtenus à la Grande Soufrière de Basse-Terre à ceux de H. Moissan (3) qui avait analysé les prélèvements faits par A. Lacroix, on ne relève que quelques différences quant à la nature des gaz. Cependant, sont à noter l'apparition de méthane et d'une forte teneur en anhydride sulfureux, d'où une baisse sensible de l'ensemble azote, gaz rares.

En résumé :

a. On constate une modification profonde dans la composition des gaz qui s'échappent des fumerolles du mont Pelé, depuis les éruptions de 1902. Au contraire, ceux des fumerolles de la Soufrière de Basse-Terre présentent relativement peu de variation depuis la même époque;

b. D'autre part, les changements notables de composition des mélanges gazeux selon le procédé utilisé pour la conservation prouvent qu'il est nécessaire d'employer un déshydratant à action rapide, si l'on désire éviter les réactions secondaires;

c. La composition des gaz prélevés semble être en relation avec l'activité du volcan, et la différence constatée dans le cas des fumerolles du mont Pelé est fort démonstrative à ce sujet;

d. Enfin, la vapeur d'eau émise, même dans le cas où un mélange très notable à l'air atmosphérique apparaît nettement (fumerolle du mont Pelé), nécessite l'étude de l'ancienneté de cette eau. S'agit-il d'eau juvénile ou d'eau profonde ? Cet examen sera effectué aussitôt la mise au point du matériel nécessaire.

(1) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 144, 325 et 557; *Ann. Phys. Chim.*, (9), 8, 1917, p. 221.

(2) $O_2 = 13,67$; $N_2 = 54,94$; $A = 0,71$; $CO_2 = 15,38$; $CO = 1,60$; $CH_4 = 5,46$; $H_2 = 8,10$; ClH = traces; S = traces; H_2O = à saturation (*Comptes rendus*, 135, 1902, p. 1085).

(3) *Fumerolle du Nord* : H_2O = à saturation; ClH = traces; S = traces; $SH_2 = 2,7$; $CO_2 = 52,8$; $O_2 = 7,5$; $N_2 = 36,07$; $A = 0,73$; H_2 = néant; hydrocarbures = néant; CO = néant.

Fumerolle Napoléon : H_2O = à saturation; ClH = néant; S = traces; $SH_2 = 4,5$; $CO_2 = 69,5$; $O_2 = 2,7$; $N_2 = 22,32$; $A = 0,68$; H_2 = néant; hydrocarbures = néant; CO = néant (*Comptes rendus*, 138, 1904, p. 936).

(*Laboratoire des Gaz du C. N. R. S., Faculté de Pharmacie de Paris.*)

M. **Henri Humbert** fait hommage à l'Académie de deux fascicules de la *Flore de Madagascar et des Comores (plantes vasculaires)*, publiée sous sa direction : 1° 5e *famille. (Polypodiacées (sensu lato) 5₁ Dennstaedtiacées-5₁₀ Aspidiacées)*, tome 1, par Mme Marie-Laure Tardieu-Blot ; 2° 111e *famille. Euphorbiacées*, tome 1, par M. Jacques Léandri.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Radioélectricité du Conservatoire national des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Élie Roubine* obtient 36 suffrages contre 2 à M. *André Fournier* ; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *André Fournier* obtient 36 suffrages ; il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports, comprendra :

En première ligne .... M. **Élie Roubine**.
En seconde ligne .... M. **André Fournier**.

CORRESPONDANCE.

M. **William Randolph Taylor**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse ses remerciements à l'Académie.

L'Académie est informée d'un *Symposium on Fluorine Chemistry* organisé par **The Chemical Society** et qui aura lieu à Birmingham du 15 au 17 juillet 1959.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° V. F. Koupreviтch. Akademia nauk belorusskoï SSR. *Istoritscheskii otcherk* (L'Académie des sciences de Bielorussie *Esquisse historique*) ;

2° F. I. Fedorov. *Optika anizotropnykh sred* (*L'Optique des milieux anisotropes*) ;

3° F. A. Malychev. *Gidromekhanizatsiia dobytchi torfa na oudobrenie* (*L'hydromécanisation de l'extraction de la tourbe pour la fertilisation*) ;

4° K. I. Loukachev. *Osnovy litologii i geokhimii kory vyvetrivania* (*Les bases lithologiques et géochimiques de la formation de la terre végétale*);

5° *Sto lat poznańskiego towarzystwa przyjaciół nauk. Un siècle d'activité de la société des sciences et des lettres de Poznan.* Album.

6° United States atomic energy commission. *Availability listing of USAEC reports, june* 1958;

7° Id. *Master analytical manual;*

8° *T. A. A. F. Terres australes et antarctiques françaises*, nos 1, 2, et 3.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur le problème de la mesurabilité des ensembles projectifs.* Note de M. **Solomon Marcus**, présentée par M. Paul Montel.

Si l'on pouvait démontrer l'existence d'une base de Hamel qui soit un ensemble projectif, alors le problème de la mesurabilité, au sens de Lebesgue, des ensembles projectifs serait résolu dans un sens négatif.

Le problème de l'existence d'un ensemble projectif qui ne soit pas mesurable au sens de Lebesgue ou d'un ensemble projectif dépourvu de la propriété de Baire, n'est pas encore résolu. Rappelons que K. Gödel [1] et P. S. Nowikow [2] ont donné des exemples d'ensembles P. C. A. (projections de complémentaires analytiques) tels que l'hypothèse qu'ils ne sont pas mesurables au sens de Lebesgue n'est pas contradictoire.

Il existe une liaison étroite entre le problème ci-dessus et le problème de l'existence d'une base de Hamel qui soit un ensemble projectif.

W. Sierpiński [3] et F. B. Jones [4] ont montré qu'il n'existe aucune base de Hamel qui soit un ensemble analytique au sens de Lusin-Souslin. Il est naturel de se poser le problème de savoir s'il existe une base de Hamel complémentaire analytique, ou d'une certaine classe projective. On a :

Théorème 1. — *L'existence d'une base de Hamel complémentaire analytique ou P. C. A. entraîne l'existence d'un ensemble P. C. A. non mesurable au sens de Lebesgue et d'un ensemble P. C. A. dépourvu de la propriété de Baire.*

Théorème 2. — *Il existe un ensemble* E, *P. C. A., tel que, si* E *jouit de la propriété de Baire, alors il n'existe aucune base de Hamel qui soit un ensemble P. C. A.*

Théorème 3 (généralisation du théorème 1). — *L'existence d'une base de Hamel qui soit un ensemble projectif de classe* $2n$ *ou* $2n+1$ [5] *entraîne l'existence d'un ensemble projectif de classe* $2n+1$ *non mesurable au sens de Lebesgue, et d'un ensemble projectif de classe* $2n+1$, *dépourvu de la propriété de Baire.*

Théorème 4. — *Il existe une base de Hamel qui n'est pas un ensemble projectif.*

THÉORÈME 5. — *Il existe une base de Hamel, mesurable au sens de Lebesgue, qui n'est pas un complémentaire analytique.*

Les démonstrations des théorèmes ci-dessus paraîtront dans les *Mathematische Nachrichten.*

(1) *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A.*, 24, 1938, p. 556-557.
(2) *Trudi Mat. Inst. V. A. Steklov*, 38, 1951, p. 315.
(3) *Fund. Math.*, 1, 1920, p. 105-111.
(4) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 48, 1942, p. 472-481.
(5) C. KURATOWSKI, *Topologie*, I, Warszawa-Wroclaw, 1948, p. 360.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les fonctions analytiques possédant une certaine propriété arithmétique.* Note de Mlle FRANÇOISE BERTRANDIAS, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note se propose d'étudier des fonctions analytiques $f(x)$ à croissance exponentielle, telles que la dérivée $n^{\text{ième}}$ prenne une valeur entière rationnelle pour $x=n$: $f^{(n)}(n)$ entier pour $n=0, 1, 2, \ldots$.

L'étude de ces fonctions est basée sur les propriétés de la transformation de Laplace-Borel signalées par M. G. Pólya (1), et sur le théorème de Pólya et Carlson concernant les séries de puissances (2). Le procédé est analogue à celui employé par M. C. Pisot pour l'étude des fonctions analytiques arithmétiques (3).

Soit un angle $\delta > \pi/2$ et posons $x = r e^{i\varphi}$. On considère les fonctions $f(x)$ qui vérifient les conditions A :

1° $f(x)$ est holomorphe dans tout domaine borné contenu dans l'angle $|\varphi| < \delta$;

2° pour tout $r > r_0$ il existe une constante γ telle que $|f(x)| < e^{\gamma r}$.

La transformée de Laplace $l(s)$ de $f(x)$ est holomorphe à l'extérieur d'un ensemble S situé à distance finie et l'on a

$$f(x) = \frac{1}{2i\pi}\int_{L} e^{sx}\, l(s)\, ds,$$

L étant une courbe fermée entourant S.

On considère la série $F(z) = \sum f^{(n)}(n) z^{-(n+1)}$. On a

$$(1) \qquad F(z) = \frac{1}{2i\pi}\int_{L} \frac{l(s)\, ds}{z - s e^{s}}.$$

Toutes les singularités de $F(z)$ appartiennent au domaine T déduit de S par la transformation $z = s e^{s}$.

Soit Δ, le domaine du plan des s d'équation polaire

$$\rho < (\pi - \theta)(\sin\theta)^{-1} \quad (0 < \theta < 2\pi).$$

La transformation $z = se^{s}$ établit une correspondance biunivoque entre le domaine Δ et le plan des z coupé par la demi-droite réelle $[(-\infty, -e^{-1})]$. Soit $s = \sigma(z)$ la transformation inverse.

L'intégrale $f^{(n)}(n) = (1/2i\pi)\int_C z^n\,F(z)\,dz$ (C, courbe fermée entourant T) amène à considérer la fonction

$$\varphi(x) = \frac{1}{2i\pi}\int_C e^{x\sigma(z)}\,F(z)\,dz$$

qui vérifie les relations

$$\varphi^{(n)}(n) = f^{(n)}(n) \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots).$$

Lemme. — *Soit $f(x)$ une fonction vérifiant les conditions* A. *Si l'ensemble* S *est contenu dans Δ, $f^{(n)}(n) = 0$ pour $n = 0, 1, 2, \ldots$ entraîne $f(x) \equiv 0$* (4).

En effet, en remplaçant dans (1) z par ue^{u}, où $u = \gamma(z)$ est extérieur à S et contenu dans Δ, on voit que $l(u)$ a les mêmes singularités dans S que

$$(1+u)\,F(ue^{u}).$$

Théorème. — *Soit $f(x)$, une fonction vérifiant les conditions* A *et telle que $f^{(n)}(n)$ soit entier pour $n = 0, 1, 2, \ldots$.*

Si le diamètre transfini de T est inférieur à 1, on a

$$f^{(n)}(n) = P_1(n)\,\alpha_1^n + \ldots + P_k(n)\,\alpha_k^n,$$

où $P_1, \ldots, P_k$ sont des polynomes et $\alpha_1, \ldots, \alpha_k$ des entiers algébriques en nombre fini situés, ainsi que tous leurs conjugués, dans T.

Si de plus l'ensemble S est contenu dans Δ, alors

$$(2) \qquad f(x) = Q_1(x)\,e^{x\sigma(\alpha_1)} + \ldots + Q_k(x)\,e^{x\sigma(\alpha_k)},$$

où $Q_1, \ldots, Q_k$ sont des polynomes.

En particulier, si l'on considère une fonction entière de type exponentiel γ, T est le domaine $|\sigma(z)| \leqq \gamma$, dont le diamètre transfini croît avec γ et est égal à 1 pour $\gamma = \gamma_0 = 0{,}678\ldots$. Comme $\gamma_0 < 1$, le cercle $|s| \leqq \gamma$ est contenu dans Δ pour tout $\gamma \leqq \gamma_0$. Donc : toute fonction entière $f(x)$ de type exponentiel $\gamma < \gamma_0$ est de la forme (2).

Si $\gamma < \sigma(1) = 0{,}567\ldots$, $\alpha_1 = 0$ est le seul entier algébrique contenu dans T avec tous ses conjugués ; $f(x)$ est un polynome.

Si $\gamma < |\sigma[(1 + i\sqrt{3})/2]| = 0{,}616\ldots$, $\alpha_1 = 0$ et $\alpha_2 = 1$ sont les seuls entiers algébriques situés dans T et

$$f(x) = Q_1(x) + Q_2(x)\,e^{x\sigma(1)}.$$

On peut appliquer cette méthode à l'étude des fonctions telles que $f^{(n)}(\lambda n)$

soit un entier rationnel (λ, constante positive ; $n = 0, 1, 2, \ldots$) ; on trouve en particulier le résultat :

Soit $f(x)$, une fonction entière de type exponentiel γ, telle que $f^{(n)}(\lambda n)$ soit entier et $\lambda > e$; si $\gamma < \lambda^{-1}$, $f(x)$ est un polynome.

(1) *Math. Z.*, **29**, 1929, p. 549-640.
(2) *Jahresb. deuts. Math. Verein.*, **31**, 1922, p. 107-115.
(3) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 988 et 1027.
(4) Ce résultat est démontré par P. R. Boas, *Entire Functions*, p. 172 et A. O. Gelfond, *Isčislenie konečnykh raznostej*, p. 284.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques exemples concernant la synthèse spectrale.* Note (*) de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

Dans l'espace R^3 à trois dimensions, soit T une couche double portée par une surface. Supposons que la distribution T soit tempérée et que sa transformée de Fourier $\mathcal{F}$T soit une fonction bornée. On sait (1) que $\mathcal{F}$T met alors en défaut la synthèse spectrale : $\mathcal{F}$T n'est pas limite dans L^∞ faible des combinaisons linéaires des exponentielles de son spectre. On va donner de nouveaux exemples de cette situation.

Soient a et b deux nombres réels finis ou infinis ($a < b$). Soient φ, ψ, θ trois fonctions numériques finies, définies pour $a < x < b$, sur lesquelles on fait les hypothèses suivantes :

a. φ est continûment dérivable, et $\inf_{a<x<b} \varphi'(x) > 0$. Posons $\alpha = \lim_{x \to a} \varphi(x)$, $\beta = \lim_{x \to b} \varphi(x)$. On notera φ_1 la fonction réciproque de φ, qui est définie pour $\alpha < x < \beta$, et qui a une dérivée bornée, liée à φ' par $\varphi_1'(x)\varphi'(\varphi_1(x)) = 1$ pour $\alpha < x < \beta$;

b. ψ est mesurable ;

c. θ est mesurable et bornée.

Soit $S \subset R^3$ la surface d'équation $z = y\varphi(x) + \psi(x)$. Considérons la mesure μ, portée par S, qui se projette sur le plan des xy suivant la mesure $-i\sqrt{2\pi}\,\theta(x)\,dx\,dy$. Si F est une fonction continue à support compact sur R^3, on a

$$\int F(x, y, z)\,d\mu = -i\sqrt{2\pi}\iint F(x, y, y\varphi(x) + \psi(x))\,\theta(x)\,dx\,dy.$$

Il est clair que μ est à croissance lente. Nous allons montrer que la transformée de Fourier $\mathcal{F}(\partial\mu/\partial z)$ de la distribution tempérée $\partial\mu/\partial z$ est bornée.

Soit f une fonction indéfiniment dérivable à support compact sur R^3. On a

$$\begin{aligned}\left\langle \mathcal{F}\left(\frac{\partial\mu}{\partial z}\right), f\right\rangle &= \langle iz(\mathcal{F}\mu), f\rangle = i\langle \mathcal{F}\mu, fz\rangle = i\langle \mu, \mathcal{F}(fz)\rangle \\ &= \frac{1}{2\pi}\iint \theta(\xi)\,d\xi\,d\eta \iiint z f(x, y, z) \\ &\quad \times \exp - i(\xi x + \eta y + (\eta\varphi(\xi) + \psi(\xi))z)\,dx\,dy\,dz \\ &= \frac{1}{2\pi}\int \theta(\xi)\,d\xi \int d\eta \iiint z f(x, y - z\varphi(\xi), z) \\ &\quad \times \exp - i(\xi x + \eta y + \psi(\xi) z)\,dx\,dy\,dz.\end{aligned}$$

soit, d'après la formule d'inversion de Fourier appliquée aux variables y et η,

$$\left\langle \mathcal{F}\left(\frac{\partial\mu}{\partial z}\right), f \right\rangle = \int \theta(\xi)\, d\xi \iint z f(x, -z\varphi(\xi), z) \exp - i(\xi x + \psi(\xi) z)\, dx\, dz.$$

Faisons le changement de variable $-z\varphi(\xi) = y$, d'où $\xi = \varphi_1(-y/z)$; il vient

$$\iiint_{\ldots}^{\ldots} |\theta(\xi) z f(x, -z\varphi(\xi), z)|\, d\xi\, dx\, dz$$
$$= \iiint_{\ldots}^{\ldots} \left|\theta\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right)\right) f(x, y, z)\, \varphi_1'\left(-\frac{y}{z}\right)\right| dx\, dy\, dz < +\infty,$$

la deuxième intégrale étant étendue à l'ensemble $A(\alpha, \beta)$.

$$z \neq 0, \qquad \alpha < -\frac{y}{z} < \beta;$$

on voit que la fonction $(\xi, x, z) \to \theta(\xi) z f(x, -z\varphi(\xi), z)$ est intégrable pour $d\xi\, dx\, dz$. Par suite

$$\left\langle \mathcal{F}\left(\frac{\partial\mu}{\partial z}\right), f \right\rangle = \iiint_{\ldots}^{\ldots} \theta(\xi) z f(x, -z\varphi(\xi), z) \exp - i(\xi x + \psi(\xi) z)\, d\xi\, dx\, dz$$
$$= \iiint_{A(\alpha, \beta)} \theta\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right)\right) z f(x, y, z)$$
$$\times \exp - i\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right) x + \psi\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right)\right) z\right) \varphi_1'\left(-\frac{y}{z}\right) \frac{1}{|z|}\, dx\, dy\, dz.$$

Donc $\mathcal{F}(\partial\mu/\partial z)$ est une fonction, nulle dans le complémentaire de $A(\alpha, \beta)$, et donnée dans $A(\alpha, \beta)$ par la formule

$$\mathcal{F}\left(\frac{\partial\mu}{\partial z}\right) = \pm\, \theta\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right)\right) \varphi_1'\left(-\frac{y}{z}\right) \exp - i\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right) x + \psi\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right)\right) z\right),$$

où il faut prendre le signe $+$ pour $z > 0$ et le signe $-$ pour $z < 0$. On a bien prouvé que $\mathcal{F}(\partial\mu/\partial z)$ est bornée.

Si, en outre, $\theta = \varphi'$, on a, dans $A(\alpha, \beta)$

$$\mathcal{F}\left(\frac{\partial\mu}{\partial z}\right) = \pm \exp - i\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right) x + \psi\left(\varphi_1\left(-\frac{y}{z}\right)\right) z\right).$$

Exemples. — 1° On prend $a = -\infty$, $b = +\infty$, $\varphi(x) = x$, $\psi(x) = 0$, $\theta(x) = 1$. Alors, S est le paraboloïde d'équation $z = xy$, et

$$\mathcal{F}\left(\frac{\partial\mu}{\partial z}\right) = \pm e^{[illegible]}$$

quels que soient $x, y, z\, (z \neq 0)$.

2° On prend $a = -\pi/2$, $b = \pi/2$, $\varphi(x) = \operatorname{tg} x$, $\psi(x) = 0$, $\theta(x) = 1$.

Alors, S est une partie de l'hélicoïde $z = y \operatorname{tg} x$, et

$$\mathcal{F}\left(\frac{\partial \mu}{\partial z}\right) = \pm \frac{z^2}{z^2 + y^2} e^{ix \operatorname{Arc\,tg} \frac{y}{z}}$$

quels que soient $x, y, z (z \neq 0)$.

(*) Séance du 23 juin 1958.

(1) L. Schwartz, *Can. J. Math.*, 3, 1951, p. 503-512.

ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — *Sur les objets géométriques associés à un système linéaire d'équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Note (*) de M. **Octavian Em. Gheorghiu**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

On énumère des types d'objets géométriques associés à un certain système en considération du groupe conforme de S_3.

1. Dans l'espace S_3 (1), (2) avec les variables x, y, z, on considère le système d'équations aux dérivées partielles

$$(1) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial v}{\partial z} + \dfrac{\partial w}{\partial y} + a_1 u + b_1 v + c_1 w = 0, \\[2mm] \dfrac{\partial u}{\partial y} + \dfrac{\partial v}{\partial x} + \dfrac{\partial w}{\partial z} + a_2 u + b_2 v + c_2 w = 0, \\[2mm] \dfrac{\partial u}{\partial z} + \dfrac{\partial v}{\partial y} + \dfrac{\partial w}{\partial x} + a_3 u + b_3 v + c_3 w = 0. \end{cases}$$

Le groupe des transformations ponctuelles, qui admet comme invariants $u(x, y, z)$, $v(x, y, z)$, $w(x, y, z)$ et le système (1), est le groupe des transformations conformes de S_3 (2), déterminé par les conditions

$$(2) \qquad \frac{\partial \bar{x}}{\partial x} = \frac{\partial \bar{y}}{\partial y} = \frac{\partial \bar{z}}{\partial z}, \qquad \frac{\partial \bar{x}}{\partial z} = \frac{\partial \bar{y}}{\partial x} = \frac{\partial \bar{z}}{\partial y}, \qquad \frac{\partial \bar{x}}{\partial y} = \frac{\partial \bar{y}}{\partial z} = \frac{\partial \bar{z}}{\partial x}.$$

Les fonctions $\bar{x}(x, y, z)$, $\bar{y}(x, y, z)$, $\bar{z}(x, y, z)$ sont des fonctions conjuguées; ce sont des solutions du système d'équations aux dérivées partielles

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial y \, \partial z} = 0; \qquad \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x \, \partial z} = 0; \qquad \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x \, \partial y} = 0.$$

De l'invariance du système (1) il en résulte :

— les vecteurs covariants :

$$\begin{gathered} (a_1, a_2, a_3), \quad (a_2, a_3, a_1), \quad (a_3, a_1, a_2), \\ (b_1, b_2, b_3), \quad (b_2, b_3, b_1), \quad (b_3, b_1, b_2), \\ (c_1, c_2, c_3), \quad (c^1, c_3, c_1), \quad (c_2, c_1, c_2); \end{gathered}$$

— les vecteurs contrevariants associés :

$$(\alpha^1, \alpha^2, \alpha^3), \quad (\alpha^2, \alpha^3, \alpha^1), \quad (\alpha^3, \alpha^1, \alpha^2),$$
$$(\beta^1, \beta^2, \beta^3), \quad (\beta^2, \beta^3, \beta^1), \quad (\beta^3, \beta^1, \beta^2),$$
$$(\gamma^1, \gamma^2, \gamma^3), \quad (\gamma^2, \gamma^3, \gamma^1), \quad (\gamma^3, \gamma^1, \gamma^2);$$

— les invariants relatifs :

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_3 & a_1 & a_2 \\ a_2 & a_3 & a_1 \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} \alpha^1 & \alpha^2 & \alpha^3 \\ \alpha^3 & \alpha^1 & \alpha^2 \\ \alpha^2 & \alpha^3 & \alpha^1 \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_3 & b_1 & b_2 \\ c_2 & c_3 & c_1 \end{vmatrix}, \quad \begin{vmatrix} \alpha^1 & \alpha^2 & \alpha^3 \\ \beta^1 & \beta^2 & \beta^3 \\ \gamma^1 & \gamma^2 & \gamma^3 \end{vmatrix}, \quad \ldots;$$

— les formes de Pfaff invariantes :

$$ds^1 = a_1\,dx + a_2\,dy + a_3\,dz, \qquad ds^2 = b_1\,dx + b_2\,dy + b_3\,dz,$$
$$ds^3 = c_1\,dx + c_2\,dy + c_3\,dz, \qquad \ldots;$$

— la métrique de l'espace S_3 comme invariant relatif :

$$(ds)^3 = (dx)^3 + (dy)^3 + (dz)^3 - 3\,dx\,dy\,dz;$$

— les invariants absolus :

$$\frac{a_1 + a_2 + a_3}{b_1 + b_2 + b_3}, \quad \frac{a_1 + a_2 + a_3}{c_1 + c_2 + c_3}, \quad \frac{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 - a_1 a_2 - a_1 a_3 - a_2 a_3}{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 - b_1 b_2 - b_1 b_3 - b_2 b_3}, \quad \ldots;$$

— les objets géométriques linéaires de seconde classe et le type Δ (le type des coefficients de connexion linéaire contractés) :

$$\frac{\partial}{\partial x} \ln \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_3 & a_1 & a_2 \\ a_2 & a_3 & a_1 \end{vmatrix}, \quad \frac{\partial}{\partial y} \ln \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_3 & a_1 & a_2 \\ a_2 & a_3 & a_1 \end{vmatrix}, \quad \frac{\partial}{\partial z} \ln \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_3 & a_1 & a_2 \\ a_2 & a_3 & a_1 \end{vmatrix}; \quad \ldots;$$

— les objets géométriques de loi projective à deux composantes de première classe :

$$\lambda_1 = \frac{a_2}{a_1}, \qquad \lambda^2 = \frac{a_3}{a_2}; \qquad m_1 = \frac{\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{a_1 + a_2 + a_3}{b_1 + b_2 + b_3}\right)}{\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{a_1 + a_2 + a_3}{b_1 + b_2 + b_3}\right)}, \qquad m_2 = \frac{\dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{a_1 + a_2 + a_3}{b_1 + b_2 + b_3}\right)}{\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{a_1 + a_2 + a_3}{b_1 + b_2 + b_3}\right)}, \qquad \ldots.$$

2. Si l'on étudie quel est le changement le plus général des variables et des fonctions u, v, w dans le système (1) pour qu'il reste invariant, il en résulte que le système (1) reste invariant en même temps, par rapport au groupe conforme (2) ainsi qu'au sous-groupe affin

$$(4) \qquad \begin{cases} u = p_1 u^* + p_3 v^* + p_2 w^* + u_0, \\ v = p_2 u^* + p_1 v^* + p_3 w^* + v_0, \\ w = p_3 u^* + p_2 v^* + p_1 w^* + w_0, \end{cases}$$

où u_0, v_0, w_0 est une solution du système (1) et les invariants p_1, p_2, p_3 ont le

déterminant

$$\begin{vmatrix} p_1 & p_3 & p_2 \\ p_2 & p_1 & p_3 \\ p_3 & p_2 & p_1 \end{vmatrix} \neq 0.$$

Dans ce cas les objets géométriques associés au système (1) comme les invariants, les vecteurs, les tenseurs, les objets géométriques linéaires de première et de seconde classe, s'expriment comme on vient de le montrer, avec a_i, b_i, c_i, α^i, β^i, γ^i et même avec $p_i (i = 1, 2, 3)$.

(*) Séance du 16 juin 1958.

(1) J. Devisme, *Ann. scient. Fac. Sc. Toulouse*, 3e série, 25, 1933, p. 143-238.

(2) M. Roşculeţ, *Studii şi Cercetări matematice, Instit. de Mat. Acad. R. P. R.*, 5, nos 3-4, 1954, p. 361-401.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Résumés exhaustifs pour un processus de Markov.* Note (*) de M. **Robert Fortet**, transmise par M. Georges Darmois.

Pour certains processus de Markov homogènes, il existe un résumé exhaustif par rapport à l'ensemble des éléments décrivant statistiquement l'évolution.

Il est intéressant, en particulier pour des méthodes de Monte-Carlo (simulation de dispositifs d'attente, trafic artificiel en Téléphonie automatique, etc.) d'étudier quelques problèmes de Statistique (tests d'hypothèses, estimations de paramètres, etc.) concernant des processus de Markov. Prenons par exemple le cas d'un système Σ évoluant selon un processus de Markov homogène permanent, avec pour simplifier un nombre fini $(r+1)$ d'états possibles numérotés $0, 1, 2, \ldots, r$; soit Q la matrice d'éléments q_k^j qui définit l'opérateur infinitésimal associé; supposons qu'on procède à *une* observation *complète* de l'évolution de Σ depuis un instant τ jusqu'à l'instant $\tau + T$ $(T > 0$; τ et T fixés quelconques); l'élément aléatoire observé est décrit statistiquement par Q et par les probabilités *a priori* initiales $P_k(\tau) = \Pr$ (Σ est dans l'état k à l'instant τ). Supposons que Q et les $P_k(\tau)$ sont, totalement ou partiellement, inconnus; quelle information l'observation faite apporte-t-elle sur Q et les $P_k(\tau)$? A ce sujet on a le théorème suivant :

Théorème : *Soient : J_0 l'état de Σ à l'instant τ ; T_j la durée totale pendant laquelle, au cours de l'intervalle $(\tau, \tau + T)$, Σ a séjourné dans l'état $j (j = 0, 1, 2, \ldots, r)$; N_k^j le nombre de fois que, pendant l'intervalle $(\tau, \tau + T)$, Σ a sauté de l'état j à l'état $k (j, k = 0, 1, 2, \ldots, r; j \neq k)$. L'ensemble S de J_0, des T_j et des N_k^j [ces $(r+1)^2 + 1$ éléments, non indépendants, sont liés par des relations évidentes] est un résumé exhaustif par rapport à l'ensemble de Q et des $P_k(\tau)$; autrement dit, la loi de probabilité de l'évolution de Σ pour la période $(\tau, \tau + T)$, conditionnelle*

quand J_n, *les* T_j *et les* N'_i *ont des valeurs déterminées, est indépendante de* Q *et des* $P_k(\tau)$.

Ce résultat, susceptible d'extensions et d'applications évidentes, a déjà été établi dans un cas particulier par V. E. Bénes [1].

Considérons par ailleurs le problème suivant : Q est donné, mais en fonction d'un paramètre θ de valeur inconnue; quel que soit θ, $s=0$ est caractéristique simple de Q; supposons que $P_k(\tau)=\Pi_k(k=0, 1, \ldots, r)$ où les Π_k sont les nombres bien déterminés tels que $\sum_k \Pi_k = 1$, $\sum_k \Pi_k q_j^k = 0 (j=0, 1, \ldots, r)$ [l'évolution est strictement stationnaire]; soient : λ^j des nombres réels donnés quelconques, et $\Lambda(t)$ la fonction aléatoire de t qui vaut λ^j si à l'instant t, Σ est dans l'état j; avec τ et T comme précédemment, on pose :

$$Y=\frac{1}{T}\int_{\tau}^{\tau+T}\Lambda(t)\,dt;$$

on sait que : 1° $E(Y)=\sum \Pi_k \lambda^k$; $E(Y)$ est donc une fonction déterminée $\mu(\theta)$ de θ;

2° si T est grand la variance $\sigma^2(Y)$ de Y est $\sim \sigma^2/T$, où σ^2 est une forme quadratique homogène définie positive (dégénérée) de λ^j, dont les coefficients sont calculables en fonction de θ.

En adoptant Y comme estimation de $\mu(\theta)$, il en résulte une estimation de θ dont on peut caractériser la précision par le rapport $\rho=\sigma/|(d/d\theta)\,\mu(\theta)|$; d'où la question : quel choix des λ^j (non tous nuls) minimise ρ ? La réponse est facile et fournit des λ^j qui en général dépendent de θ; ces λ^j optimum ne sont indépendants de θ que si Q a, comme fonction de θ, une structure très particulière dont la caractérisation, possible mais complexe dans le cas général, est relativement simple et intéressante pour un *processus de vie et de mort*. Par exemple si $q_k^j=0$ pour $|j-k|>1$, $q_{j+1}^j=a_j$, $q_j^{j+1}=b_j (a_j b_j>0; j=0, 1, \ldots, r-1)$, en posant

$$N_0=a_0\frac{d}{d\theta}\log\frac{a_0}{b_1},\qquad N_r=-b_r\frac{d}{d\theta}\log\frac{a_{r-1}}{b_r},$$

$$N_j=a_j\frac{d}{d\theta}\log\frac{a_j}{b_{j+1}}-b_j\frac{d}{d\theta}\log\frac{a_{j-1}}{b_j},$$

pour qu'existent des λ^j optimum indépendants de θ, il faut et il suffit qu'existent deux nombres U et V indépendants de j, mais pouvant dépendre de θ, tels que les nombres $UN_j+V(j=0, 1, \ldots, r)$ soient indépendants de θ, mais non de j. L'indépendance des λ^j optimum par rapport à θ peut évidemment s'étudier en connexion avec le résumé exhaustif S du théorème ci-dessus.

(*) Séance du 30 juin 1958.

[1] V. E. Bénes, *Bell. Syst. Techn. J.*, 36, 1957, p. 939.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'écoulement de l'air à grande vitesse dans un tuyau de section circulaire.* Note (*) de M. **Roger Depassel**, transmise par M. Henri Villat.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons montré que l'hypothèse d'un profil de vitesse en loi de puissance permet d'obtenir les différentes épaisseurs de couche limite en écoulement cylindrique. Si l'on admet que les corrélations s'annulent à la frontière de la couche limite, et que la paroi est adiabatique, les équations intégrales du mouvement s'écrivent

$$\frac{dd_2}{dx} + \frac{d_2}{u_\delta}\frac{du_\delta}{dx}\left(2 + \frac{d_1}{d_2} - M_\delta^2\right) = \frac{\tau_p}{\rho_\delta u_\delta^2}\,[illegible]\,\frac{d_1}{R} - 1\,[illegible]\,\frac{\rho_0 V}{[illegible]\,u}.$$

$$\frac{dd_3}{dx} + \frac{d_3}{u_\delta}\frac{du_\delta}{dx}\left[3 - (2-\gamma)M_\delta^2\right] = \frac{2}{\rho_\delta u_\delta^3}\int_0^\delta \tau\,\frac{\partial u}{\partial y}\left(1 - \frac{y}{R}\right)dy$$

Or d_1, d_2 et d_3 sont donnés par

$$\frac{d_1}{\delta} = \delta^*_n - \frac{\delta}{2R}\delta^*_{2n} \qquad \frac{d_2}{\delta} = \theta_n - \frac{\delta}{2R}\theta_{2n} \qquad \frac{d_3}{\delta} = \theta^*_n - \frac{\delta}{dR}\theta^*_{2n}$$

En portant ces valeurs dans le système initial, celui-ci prend la forme suivante ne comportant que des grandeurs sans dimensions :

$$\frac{d\delta}{dx}(\theta_n - \delta\theta_{2n}) + \delta\frac{dn}{dx}\left(\psi_n - \frac{\delta}{2}\psi_{2n}\right) + \delta\frac{dM}{dx}\left(\varphi_n - \frac{\delta}{2}\varphi_{2n}\right) = \frac{\tau_p}{\rho_\delta u_\delta^2},$$

$$\frac{d\delta}{dx}(\delta^*_n - \delta\delta^*_{2n}) + \delta\frac{dn}{dx}\left(\Delta_n - \frac{\delta}{2}\Delta_{2n}\right) + \delta\frac{dM}{dx}\left(\Phi_n - \frac{\delta}{2}\Phi_{2n} - \frac{F_1}{2\delta}\right) = 0$$

$$\frac{d\delta}{dx}(\theta^*_n - \delta\theta^*_{2n}) + \delta\frac{dn}{dx}\left(\psi^*_n - \frac{\delta}{2}\psi^*_{2n}\right) + \delta\frac{dM}{dx}\left(\varphi^*_n - \frac{\delta}{2}\varphi^*_{2n}\right) = [illegible]\frac{D}{\rho_\delta u_\delta^3};$$

où

$$\psi_{(2)n} = \frac{\partial\theta_{(2)n}}{\partial n}, \qquad \Delta_{(2)n} = \frac{\partial\delta^*_{(2)n}}{\partial n}, \qquad \psi^*_{(2)n} = \frac{\partial\theta^*_{(2)n}}{\partial n}.$$

$$\varphi_{(2)n} = \frac{\partial\theta_{(2)n}}{\partial M}\,\frac{T_\delta}{T_i}\left(\frac{2\,\theta_{(2)n} + \delta^*_{(2)n}}{M} - M\,\theta_{(2)n}\right),$$

$$\Phi_{(2)n} = \frac{\partial\delta^*_{(2)n}}{\partial M},$$

$$\varphi^*_{(2)n} = \frac{\partial\theta^*_{(2)n}}{\partial M} + \frac{[illegible]\,M}{M}\,\frac{1}{T_i}\,\theta^*_{(2)n},$$

$$F_1 = \frac{M_0}{(1 + 0,2\,M_0^2)^3}\left(\frac{1 + 0,2\,M^2}{M}\right)^2(1 - M^2).$$

Les dérivées de $\delta^*_{(2n)}$, $\theta_{(2)n}$, $\theta^*_{(2n)}$ par rapport à n et M sont tirées des expressions approchées de ces grandeurs données dans la Note précédemment citée. Les fonctions entrant dans les premiers membres du système différentiel sont ainsi définies en fonction de n, M, δ. Il reste à expliciter les coefficients de frottement

et de dissipation. Selon Eckert [2], le coefficient de frottement est donné par

$$\frac{\tau_p}{\rho_\delta u_\delta^2} = \alpha\beta\,\mathcal{R}_{e\delta}^{-\frac{2}{n'+1}}\,\frac{\theta_n - \frac{\delta}{2}\theta_{2n}}{\theta_{ni} - \frac{\delta_i}{2}\theta_{2ni}},$$

où

$$\alpha = \frac{\left[\dfrac{2n'^2}{(n'+1)(2n'+1)}\right]^2 \cdot 10^{\frac{n'+2}{n'+1}}}{8(0,911\,n' + 0,600)^2},$$

$$\beta = \left[\frac{n}{(n+1)(n+2)}\right]^{\frac{2(n'-n)}{n(n'+1)}},$$

avec $n' = 2(\log\mathcal{R}_{e\delta} - 1)$.

Cette expression, comparée aux valeurs expérimentales récentes, donne de bons résultats.

Pour le coefficient de dissipation, le problème est plus délicat. Nous avons essayé une extrapolation au fluide compressible de la relation de Truckenbrodt analogue à celle employée par Walz [3] : elle donne des résultats physiquement inacceptables. Par contre, l'extrapolation de la relation de Itiro Tani [4] donne des résultats très corrects dont les valeurs sont très proches des valeurs expérimentales. Ainsi pour $M = 0,6$, $n = 8$, cette extrapolation donne $dn/dM = 10,8$, la valeur expérimentale étant 11,0. Cette relation donnant le coefficient de dissipation est la suivante :

$$\frac{D}{\rho_\delta u_\delta^3} = A - B\,\frac{d_2}{u_\delta}\,\frac{du_\delta}{dx},$$

dans laquelle

$$A = \frac{\tau_p}{\rho_\delta u_\delta^2}\left[\frac{G}{2} + 0,067\,\frac{H + 3 - G(H+1)}{1 + 0,781\,H(H-1)}\right],$$

$$B = [H - 1 - (\gamma - 1)M^2]\left[\frac{G}{2} + \frac{H+1}{H - 1 - (\gamma-1)M^2}\,\frac{H + 3 - G(H+1)}{1 + 0,781\,H(H-1)}\right]$$

où

$$H = \frac{n+2}{n}, \qquad G = 2\,\frac{n+2}{n+3}.$$

Le système différentiel qu'il s'agit d'intégrer se présente sous la forme suivante :

$$A_1\,\frac{1}{\delta}\,\frac{d\delta}{dx} + A_2\,\frac{dn}{dx} + A_3\,\frac{dM}{dx} = A_4 \qquad \left(A_4 = \frac{1}{\delta}\,\frac{\tau_p}{\rho_\delta u_\delta^2}\right),$$

$$B_1\,\frac{1}{\delta}\,\frac{d\delta}{dx} + B_2\,\frac{dn}{dx} + B_3\,\frac{dM}{dx} = 0,$$

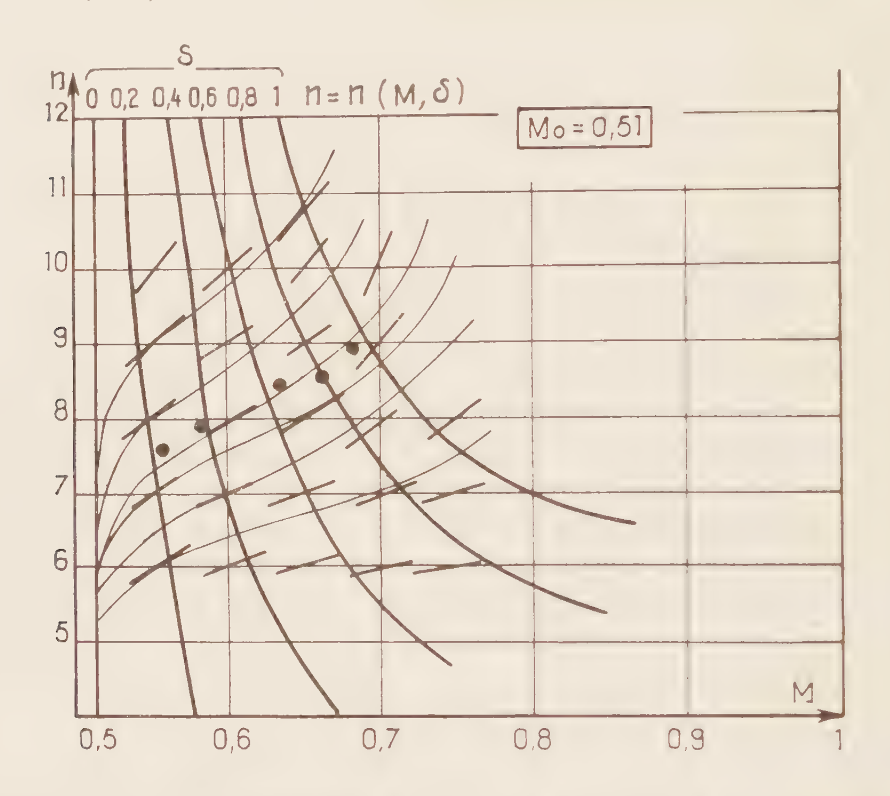
$$C_1\,\frac{1}{\delta}\,\frac{d\delta}{dx} + C_2\,\frac{dn}{dx} + C_3\,\frac{dM}{dx} = C_4 \qquad \left(C_4 = \frac{2}{\delta}\,\frac{D}{\rho_\delta u_\delta^3}\right).$$

La seconde équation est l'équation de continuité ; sous forme intégrée elle

s'écrit

$$\delta = \frac{\delta^*_n}{\delta^*_{2n}}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{\delta^*_n}{\delta^{*2}_n}\left(1 - \frac{1}{\rho u}\right)}\right]$$

qui pour M_0 fixé, donne un réseau de courbes de la forme ci-dessous



L'élimination de $d\delta/dx$ entre les deux autres équations du système donne la valeur de dn/dM en chaque point par la relation

$$\frac{dn}{dM} = \frac{k(A\,B - A\,B) + C\,B - C\,B}{k(A\,B - A\,B) - B\,C - B\,C}$$

avec

$$k = \frac{2A}{\dfrac{\tau_p}{\rho_\delta u_\delta^2}}, \qquad C'_3 = C_3 + 2B\frac{d_2}{\delta}\,\frac{1}{M}\,\frac{1}{1 + 0{,}2M}.$$

Les conditions initiales étant fixées, l'intégration graphique est alors possible.

(*) Séance du 23 juin 1958.
(1) R. Depassel, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1657.
(2) H. V. Eckert, *J. Aero. Sc.*, 21, 1954, p. 695.
(3) A. Walz, *Publ. scient. Min. Air*, 309, 1956.
(4) Itiro Tani, *J. Aero. Sci.*, 23, 1956, p. 606.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les houles planes en profondeur infinie.* Note (*) de M. **René Gouyon**, présentée par M. Henri Villat.

Nous donnons ici une solution complètement explicite (sous forme de séries) de ce problème, permettant de préciser un rayon de validité, sous la seule hypothèse de continuité de la fonction tourbillon $f(\psi)$. On étend ainsi, tout en les précisant, les résultats classiques de Levi Civita et de Mme Dubreil [*cf.* [1] et [2]]; nous nous sommes servi des méthodes des Auteurs précités.

a. Avec, par ailleurs, les mêmes notations qu'en [3], posons

$$u(X, \psi) = \frac{\partial \psi}{\partial Y}, \qquad v(X, \psi) = -\frac{\partial \psi}{\partial X}.$$

Il s'agit de déterminer ces inconnues, sous la réserve $u < 0$, par

$$u\frac{\partial v}{\partial \psi} - v\frac{\partial u}{\partial \psi} + \frac{\partial u}{\partial X} = 0,$$
$$u\frac{\partial u}{\partial \psi} + v\frac{\partial v}{\partial \psi} - \frac{\partial v}{\partial X} = f(\psi),$$
$$u^*\frac{du^*}{dX} + v^*\frac{dv^*}{dX} + g\frac{v^*}{u^*} = 0,$$
$$u \to 0 \quad \text{et} \quad v \to 0 \quad \text{quand} \quad \psi \to +\infty,$$

l'astérisque désignant les restrictions à $\psi = 0$. Faisant passer l'axe $X = 0$ par l'un des points où une ligne de courant ($\psi = \psi_1$) admet une tangente horizontale, on peut, sans restreindre la généralité de l'étude, imposer la condition supplémentaire

$$v(0, \psi_1) = 0.$$

b. Transformons le domaine en $D\,(0 \leqq \rho \leqq 1) + \Gamma(\rho = 1)$ en posant

$$\rho = e^{-\frac{2\pi}{c\lambda}\psi}, \qquad \theta = 2\pi\frac{X}{\lambda}.$$

Posons d'autre part

$$u = -c(1 + U), \qquad v = cV, \qquad f(\psi) = -\frac{2\pi c}{\lambda}\rho\Phi'(\rho),$$

la fonction Φ' étant supposée continue sur le fermé $(0, 1)$: c'est admettre que $f(\psi)$ est continu sur $\psi = 0$ et tend vers zéro avec, au moins, l'ordre de $e^{-(2\pi/c\lambda)\psi}$, en profondeur infinie ($\psi \to +\infty$).

Enfin (U, V et Φ' étant petits avec l'amplitude), nous chercherons la solution sous la forme

$$U = \sum_{n=1}^{\infty} u_n\alpha^n, \qquad V = \sum_{n=1}^{\infty} v_n\alpha^n, \qquad \Phi'(\rho) = \sum_{n=1}^{\infty} \varphi'_n\alpha^n, \qquad p = \frac{\lambda g}{2\pi c^2} = p_0 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n\alpha^n,$$

α étant un paramètre de l'ordre de l'amplitude : les séries sont supposées uniformément convergentes, ainsi que les séries des dérivées par rapport à ρ et θ, sur $|\alpha| < R$, $0 < \rho \leqq 1$, θ quelconque (les u_n et v_n admettant la période 2π en θ ou λ en X).

On est ramené à résoudre, pour tout n entier > 0 :

$$\frac{\partial v_n}{\partial \rho} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial u_n}{\partial \theta} = P_n,$$

$$\frac{\partial u_n}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial v_n}{\partial \theta} = \varphi'_n - Q_n,$$

$$\frac{du_n^{\star}}{d\theta} - p_0 v_n^{\star} = R_n^{\star},$$

$$(u_n)_{\rho=0} = (v_n)_{\rho=0} = 0, \qquad (v_n)_{\rho=\rho_1}^{\theta=\theta_1} = 0,$$

avec $P_1 = Q_1 = R_1^{\star} = 0$ et, pour $n > 1$,

$$P_n = \sum_{q=1}^{n-1}\left(v_q \frac{\partial u_{n-q}}{\partial \rho} - u_q \frac{\partial v_{n-q}}{\partial \rho}\right),$$

$$Q_n = -\sum_{q=1}^{n-1}\left(u_q \frac{\partial u_{n-q}}{\partial \rho} + v_q \frac{\partial v_{n-q}}{\partial \rho}\right),$$

$$R_n^{\star} = \sum_{q=1}^{n-1}\left[p_q v_{n-q}^{\star} - \left(2u_q^{\star}\frac{du_{n-q}^{\star}}{d\theta} + v_q^{\star}\frac{dv_{n-q}^{\star}}{d\theta}\right) - u_{n-q}^{\star}\sum^{q-1}\left(u_r^{\star}\frac{du_{q-r}^{\star}}{d\theta} + v_r^{\star}\frac{dv_{q-r}^{\star}}{d\theta}\right)\right],$$

la première approximation ($n = 1$) a pour solution générale

$$u_1 = \varphi_1 + k_1 \rho^{N} \cos N\theta, \qquad v_1 = -k_1 \rho^{N} \sin N\theta, \qquad p_0 = N,$$

avec

$$k_1 = \text{C}^{\text{te}} \neq 0, \qquad N = \text{entier} > 0.$$

Dans la solution générale de la $n^{\text{ième}}$ approximation, u_n et v_n sont des sommes de Fourier d'ordre n en $N\theta$ (à coefficients fonctions continues et dérivables de ρ sur $0 \leqq \rho \leqq 1$) : d'où la période $2\pi/N$ en θ, λ/N en X. Exigeant que λ soit la période stricte en X, on doit donc faire $N = 1$.

Enfin, par un changement de paramètre, on peut faire $k_1 = 1$ dans l'approximation linéaire et mettre la solution générale de l'approximation d'ordre n sous la forme suivante, posant

$$P_n = \sum_{m=1}^{n} P_m^n(\rho) \sin m\theta, \qquad Q_n = \sum_{m=0}^{n} Q_m^n(\rho) \cos m\theta, \qquad R_n^{\star} = \sum_{m=1} r_m^n \sin m\theta,$$

$$I_m^n = \int_0^{\rho} \frac{P_m^n(r) + Q_m^n(r)}{2} r^m \, dr, \qquad J_m^n = \int_{\rho}^{1} \frac{P_m^n(r) - Q_m^n(r)}{2 r^m} \, dr$$

et

$$\varphi_n = \int_0^{\rho} \varphi'_n(r) \, dr.$$

On a

$$u_n = \varphi_n + \int_1^{\rho} Q_0^n(r)\,dr + \sum_{m=1}^{n} [\rho^{-m} I_m^n + \rho^m (J_m^n - K_m^n)] \cos m\theta,$$

$$v_n = \sum_{m=1}^{n} [\rho^{-m} I_m^n - \rho^m (J_m^n - K_m^n)] \sin m\theta,$$

avec $K_m^n = \mathrm{Cte}$. Cette constante est définie pour $m > 1$ par

$$(m-1) K_m^n = r_m^n + (m+1) I_m^n(1).$$

Pour $m = 1$, cette condition détermine p_{n-1} et K_1^n est défini par $K_1^n = J_1^n(0)$, *c*. Sous provisoire réserve des vérifications de convergence, on voit déjà que la question des harmoniques est tranchée ci-dessus : les solutions correspondant à un choix arbitraire de l'entier N admettent la période réduite λ/N en X. Ce point était laissé en suspens dans (1) et (2).

D'autre part, la propriété suivante apparaît : pour qu'un axe $X = 0$ soit axe de symétrie (au sens de Mme Dubreil) du champ des vitesses, il suffit qu'il passe par un point où la tangente à une ligne de courant est horizontale. Donc, entre deux axes de symétrie consécutifs (distants de $\lambda/2$), aucune ligne de courant n'admet de tangentes horizontales.

Ainsi, on retrouve, en les précisant, les propriétés de symétrie des ondes permanentes de gravité. A noter qu'elles sont les corollaires de la formule même des approximations successives. Levi Civita avait procédé d'une manière analogue dans le cas de l'onde irrotationnelle seulement. Pour l'onde rotationnelle, la propriété en cause résulte d'un raisonnement délicat [*cf.* (2)].

Signalons que la $n^{\text{ième}}$ approximation n'a été calculée que tout récemment, mais sous une forme bien moins maniable et postulant *a priori* la symétrie de la solution [*cf.* (4) et (5)].

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) LEVI CIVITA, *Math. Ann.*, 93, 1925, p. 264-314.

(2) M. L. DUBREIL-JACOTIN, *J. Math. pures et appl.*, 13, 1934, p. 217-291.

(3) R. GOUYON, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1375.

(4) A. DAUBERT, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2472 et 2575.

(5) P. JOLAS, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1654.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Sur certaines lois de probabilités à pondération exponentielle intervenant en mécanique statistique.* Note (*) de M. **ANDRÉ BLANC-LAPIERRE** et **ALBERT TORTRAT**, présentée par M. Georges Darmois.

On étudie un certain nombre de propriétés de lois de probabilités à pondération exponentielle intervenant dans les lois de probabilités *a priori* introduites en Mécanique statistique.

I. Introduction. — La considération d'un gaz de particules identiques, en Mécanique statistique, conduit à étudier une certaine suite infinie de variables aléatoires positives à valeurs entières, $N_1, N_2, \ldots, N_j, \ldots$ (N_j nombre de particules dans l'état σ_j d'énergie ε_j supposée de valeur entière) liées par les deux relations

$$\sum_1^{'} \varepsilon_j N_j = E, \tag{1}$$

$$\sum_1^{'} N_j = N, \tag{2}$$

fixant les valeurs E et N de l'énergie et du nombre de particules. Il est intéressant, pour cette étude, d'introduire une *loi de probabilité a priori* Π des N_j où les N_j sont indépendants, la probabilité d'avoir $N_j = n_j$ étant égale à $\mu(n_j)\exp[-(\alpha\varepsilon_j+\beta)n_j]/\Phi_j[\alpha, \beta]$, $\mu(n_j)$ étant le « poids » correspondant : $\mu(n_j) = 1/n_j!$ en statistique classique et $\mu(n_j) = 1$ pour toutes les valeurs *possibles* de n_j en statistique de Bose-Einstein ou de Fermi-Dirac et $\Phi_j(\alpha, \beta)$ un facteur de normalisation [1], [2]. L'étude asymptotique (pour N grand) de la loi *conditionnelle* issue de Π, compte tenu de (1) et (2), fait jouer un grand rôle au théorème suivant :

On peut toujours et d'une seule façon choisir α et β pour que les espérances mathématiques des variables aléatoires E *et* N *définies par* (1) *et* (2) *comme combinaisons linéaires des* N_j *prennent, dans la loi* a priori, *des valeurs données* E_0 *et* N_0 *à condition que* E_0 *et* N_0 *soient des valeurs « possibles » pour ces variables.*

Ce résultat, bien qu'énoncé dans un autre langage, est important dans le formalisme de R. H. Fowler [3]. Il se ramène à une extension d'un théorème dû à A. I. Khintchine [4] (*voir* p. 77). Certains problèmes, notamment relatifs aux systèmes comportant diverses sortes de particules en interaction chimique, réclament l'extension du théorème précédent à des cas où le nombre des relations de liaison est supérieur à 2. C'est de cette extension que nous nous occupons ici, l'ensemble des deux nombres α, β devenant celui des k composantes du vecteur **b** introduit ci-dessous.

2. Équations de liaison et loi *a priori*. — Soit, toujours, la suite de variables aléatoires positives, entières N_j auxquelles devront être imposées les k liaisons linéaires

$$\sum_1^{'} \mathbf{a}_j N_j = \mathbf{a}, \tag{3}$$

où les $\mathbf{a}_j$ sont des vecteurs (à composantes de valeurs entières) issus de l'origine O, dans un espace euclidien $\mathcal{E}$ à k dimensions. La nature physique du problème conduit à prendre des $\mathbf{a}_j$ de la forme $\lambda_j\mathbf{u}+\mathbf{v}_j$, où $\mathbf{u}$ est un vecteur fixe de $\mathcal{E}$, où $\mathbf{v}_j$ est normal à $\mathbf{u}$ et de longueur bornée supérieurement en j, les

λ_j étant des nombres positifs croissant au moins aussi vite que j. Il existe alors dans $\mathcal{E}$ un demi-cône $\mathcal{C}$ de sommet O tel que, pour tout vecteur $\mathbf{b}$ (de composantes b_j) d'origine O intérieur à $\mathcal{C}$, le produit scalaire $\mathbf{a}_j.\mathbf{b}$ soit supérieur à un nombre positif indépendant de j. Supposons, de plus, que les N_j obéissent à la loi suivante (loi *a priori* II) :

a. les N_j sont indépendants;

b. à la valeur n_j de N_j est associée une probabilité proportionnelle à $\mu(n_j)\exp(-\mathbf{a}_j.\mathbf{b}n_j)$, les μ ayant les propriétés rappelées dans l'introduction.

3. Résultats relatifs a la loi *a priori*. — 1° *Facteurs de normalisation.* — Sous ces hypothèses, il existe toujours dans $\mathcal{E}$ un « demi-cône » (S) de sommet O, non réduit à une seule droite et tel que, pour tout vecteur $\mathbf{b}$ intérieur à (S), tous les facteurs de normalisation

(4) $$\Phi_j[\mathbf{b}]=\sum_{n_j}\mu(n_j)\,e^{-\mathbf{a}_j.\mathbf{b}n_j}$$

existent, ainsi que leur produit infini $\Phi[\mathbf{b}]$. Ce résultat subsiste si $\mathbf{b}$ tend vers l'infini en restant intérieur à (S). Par contre, Φ devient infini (positif) si $\mathbf{b}$ est porté par une génératrice de (S).

Existence de la somme $\mathbf{a}$ *dans la loi* a priori. — Si $\mathbf{b}$ est intérieur à (S), la variable aléatoire vectorielle $\mathbf{a}$ [définie par (3) comme combinaison linéaire des N_j obéissant à la loi *a priori*] existe en moyenne quadratique.

3° *Solution unique (en* $\mathbf{b}$*) de l'équation* $\mathcal{M}(\mathbf{a})=\mathbf{a}_0$ (5) ($\mathcal{M}$, espérance mathématique). — Par suite de propriétés particulières des $\mathbf{a}_j$ ou des μ, les composantes de $\mathbf{a}$ ne pourront pas prendre des valeurs arbitraires, d'où certaines conditions pour $\mathcal{M}(\mathbf{a})$ ( ). Si $\mathbf{a}_0$ ne les remplit pas, le problème posé est évidemment impossible. Ceci conduit à considérer, dans $\mathcal{E}$ l'ensemble $\mathcal{A}$ des points a, extrémités des $\mathbf{a}$ possibles. Nous dirons qu'un point a est *intérieur à* $\mathcal{A}$ s'il en fait partie et si, de plus, il existe au moins deux points a' et a'' de $\mathcal{A}$, ayant les mêmes coordonnées que a à l'exception d'une seule coordonnée, soit celle de rang j, pour laquelle a_j est intérieur à (a'_j, a''_j). On peut alors énoncer le théorème suivant :

Si a_0 est un point intérieur à $\mathcal{A}$, il existe un vecteur $\mathbf{b}$ *et un seul tel que, dans la loi* a priori *correspondante, la relation* (5) *soit satisfaite.*

La démonstration de ce théorème découle des mêmes idées que celle de Khintchine [4] :

a. sur toutes les frontières (à l'infini ou à distance finie) du domaine de $\mathbf{b}$ dans lequel $\Phi(\mathbf{b})$ existe, la fonction $\Psi[\mathbf{b}]=\Phi[\mathbf{b}]\exp(\mathbf{a}'.\mathbf{b})$, où $\mathbf{a}'$ est intérieur à $\mathcal{A}$, est infinie.

b. m étant la variable aléatoire scalaire $\sum_{j=1}^{k} l_j\,|\,a_j-\mathcal{M}(a_j)\,|$ (l_j, coefficients

arbitraires et a_j : composantes de $\mathbf{a}$). On a

$$(6)\qquad \mathfrak{M}[m-\mathfrak{M}(m)]^2=\sum\sum l_i l_j \frac{\partial^2 \operatorname{Log}\Phi}{\partial b_i\, \partial b_j} > 0 \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, k),$$

ce qui établit la concavité de $\Psi(\mathbf{b})$.

(*) Séance du 16 juin 1958.

(1) A. Blanc-Lapierre et A. Tortrat, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2215.

(2) A. Blanc-Lapierre et A. Tortrat, *Proceedings of the third Berkeley symposium on Mathematical statistics and probability* (décembre 1954 et juin 1955, III, p. 145).

(3) P. H. Fowler, *Statistical mechanics*, Cambridge University Press (2e éd.), 1936.

(4) A. I. Khintchine, *Mathematical foundation of statistical mechanics* (traduit par Gamov), Dover publications, New-York, 1949.

(5) Par exemple, dans le cas de l'introduction, on a nécessairement $\mathfrak{M}(E) \geqq \varepsilon_1 \mathfrak{M}(N)$ (ε_1, valeur minima de ε_j). Si le principe d'exclusion s'applique, on a, de plus, $\mathfrak{M}(E) \geqq \sum_{1}^{\mathfrak{M}(N)} \varepsilon_j$, les ε_j étant rangés de façon à croître avec j.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *La persistance de l'équilibre thermodynamique dans un système matériel isolé.* Note de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans sa théorie des gaz, L. Boltzmann a montré, en utilisant une hypothèse connue sous le nom de « Stosszahlansatz », que les chocs élastiques entre molécules d'un gaz ne modifient pas la distribution d'équilibre de Maxwell des vitesses moléculaires. Il résulte donc du Stosszahlansatz que lorsqu'un gaz isolé a atteint son équilibre thermodynamique, il y persiste indéfiniment. Les objections de Loschmidt et de Zermelo ont cependant montré que le Stosszahlansatz ne pouvait être correct. Dans cette Note, nous montrons qu'à condition d'adopter une définition physiquement correcte de l'équilibre thermodynamique, notion essentiellement macroscopique, il est possible de déduire des seules lois de la Dynamique classique qu'un système macroscopique isolé persiste « presque toujours » dans son état d'équilibre.

1. Considérons donc un système matériel isolé S, constitué d'un nombre très grand N de particules supposées identiques pour simplifier. Aucune hypothèse n'est faite sur l'hamiltonien du système S, nous admettrons seulement que l'énergie d'interaction entre les N particules est suffisamment faible devant leur énergie cinétique et potentielle. Introduisons l'espace Γ des phases de S, chaque point P de Γ définit une configuration microscopique de S. Les différentes grandeurs physiques G, H, ... qui caractérisent l'état macroscopique de S sont des fonctions G(P), H(P), ... du point représentatif P de S. Désignons par g, h, ... les valeurs les plus probables de G, H, ...

l'énergie de S étant donnée. Le domaine δ de l'espace Γ dans lequel $G(P)=g$, $H(P)=h$, ... groupe l'ensemble des configurations microscopiques P de S pour lesquelles S est en équilibre thermodynamique au sens de Boltzmann.

Soit $\Delta[\varepsilon(G), \varepsilon(H), \ldots] = \Delta(\varepsilon)$ le domaine de l'espace Γ dans lequel

$$\left|\frac{G(P)-g}{g}\right| < \varepsilon(G), \qquad \left|\frac{H(P)-h}{h}\right| < \varepsilon(H), \qquad \ldots,$$

$\varepsilon(G)$, $\varepsilon(H)$, ... étant des nombres très petits, mais différents de zéro, en général très en deçà des possibilités de mesures de G, H, ... Nous dirons ici que S est en équilibre thermodynamique lorsque son point représentatif P est dans $\Delta(\varepsilon)$.

Utilisant la méthode des fonctions génératrices de Laplace, appliquée à la Mécanique statistique par Darwin et Fowler, on peut montrer que, aussi petits que soient les ε (différents de zéro), il existe un nombre $N_0(\varepsilon)$ tel que

$$(1) \qquad \frac{\mathfrak{M}\,\Delta(\varepsilon)}{\mathfrak{M}\,\Gamma} = 1 - O\left(\frac{1}{N^a}\right), \qquad a>0$$

pour tout $N > N_0(\varepsilon)$. $\mathfrak{M}\,\Delta(\varepsilon)$ désigne la mesure de $\Delta(\varepsilon)$ au sens de Lebesgue, $\mathfrak{M}\,\Gamma$ la mesure supposée finie de tout l'espace Γ. $O(1/N^a)$ est un facteur positif de l'ordre de $1/N^a$. On montre de même que (1) deviendrait incorrect si l'on y remplaçait $\Delta(\varepsilon)$ par $\delta = \Delta(0)$, c'est pourquoi nous n'adoptons pas ici la définition de l'équilibre due à Boltzmann.

2. Soit $f(P)$ une fonction sommable dans Γ. Calculons l'intégrale

$$(2) \qquad I = \frac{1}{t\,\mathfrak{M}\,\Gamma}\int_\Gamma d\Omega(P_0)\int_0^t f(P(t'))\,dt',$$

où $P(t')$ est le point figuratif de S au temps t', sachant qu'à l'instant $t'=0$, ce point était en $P(0)=P_0$; $d\Omega(P_0)$ est l'élément de volume de l'espace Γ autour de P_0. Désignons par $d\Omega(P(t'))$ l'élément de volume occupé au temps t' par tous les points P qui au temps $t'=0$ se trouvaient dans $d\Omega(P_0)$. D'après le théorème de Liouville

$$(3) \qquad d\Omega(P(t')) = d\Omega(P_0),$$

d'où

$$(4) \qquad I = \frac{1}{t\,\mathfrak{M}\,\Gamma}\int_0^t dt'\int_\Gamma f(P)\,d\Omega(P) = \frac{1}{\mathfrak{M}\,\Gamma}\int_\Gamma f(P)\,d\Omega(P)$$

puisqu'en vertu du théorème de Liouville, le domaine d'intégration Γ dans (2) demeure invariant par le changement (3) des variables d'intégration.

3. Considérons alors la fonction $f(P)$ définie par

$$(5) \qquad \begin{cases} f(P)=1 & \text{pour } P\in\Delta(\varepsilon), \\ f(P)=0 & \text{pour tout autre point P.} \end{cases}$$

Supposons qu'à l'instant $t' = 0$, S soit en P_0. L'intégrale

$$J(P_0), t = \frac{1}{t}\int_0^t f(P(t'))\,dt'$$

représente maintenant la fraction du temps t pendant laquelle S se trouve en équilibre thermodynamique. Désignons par $\Lambda(t)$ l'ensemble des points P_0 de Γ pour lesquels $J(P_0, t) < \beta$ avec $0 < \beta < 1$, par $\Theta(t)$ l'ensemble des points P_0 de Γ extérieurs à $\Lambda(t)$. D'après (2)

$$I = \frac{1}{\mathfrak{M}\Gamma}\left[\int_{\Lambda(t)} d\Omega(P_0)\,J(P_0, t) + \int_{\Theta(t)} d\Omega(P_0)\,J(P_0, t)\right],$$

$$I < \frac{1}{\mathfrak{M}\Gamma}[\beta\,\mathfrak{M}\Lambda(t) + \mathfrak{M}\Theta(t)] = 1 - (1-\beta)\frac{\mathfrak{M}\Lambda(t)}{\mathfrak{M}\Gamma}.$$

Mais d'après (4), (5) et (1)

$$I \geq \frac{\mathfrak{M}\Delta(\varepsilon)}{\mathfrak{M}\Gamma} \geq 1 - O\left(\frac{1}{N^a}\right),$$

d'où

$$\frac{\mathfrak{M}\Lambda(t)}{\mathfrak{M}\Gamma} < \frac{1}{1-\beta}\,O\left(\frac{1}{N^a}\right), \tag{6}$$

La mesure relative $\mathfrak{M}\Lambda(t)/\mathfrak{M}\Gamma$ de l'ensemble des points P_0 de Γ représentant les configurations de S pour lesquelles S n'est en équilibre thermodynamique que pendant une fraction de temps inférieure à β est donc négligeable, sauf pour $\beta \simeq 1$. La relation (6) justifie *a posteriori* la définition de l'équilibre thermodynamique adoptée ici. Il ne semble pas qu'il soit possible, avec les hypothèses très générales faites sur S, d'obtenir des résultats plus précis.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Influence de l'homogénéité du mélange carburé des moteurs d'automobiles sur la teneur en particules solides de leurs gaz d'échappement.* Note de MM. **René Chalande**, **Henri Heim de Balsac**, **Marcel Pauthenier** et **Max Serruys**, présentée par M. Armand de Gramont.

Dans une Note antérieure [1], les auteurs avaient déjà indiqué l'influence défavorable que l'hétérogénéité du mélange carburé doit en principe avoir, dans les moteurs à explosion, sur leur rendement et surtout sur les composés toxiques contenus dans les gaz s'échappement et susceptibles d'être brûlés, comme l'oxyde de carbone et le carbone amorphe.

Les résultats expérimentaux mentionnés dans cette première Note ne concernaient toutefois que les améliorations de rendement thermique et la réduction des teneurs en oxyde de carbone obtenues à l'aide de dispositifs améliorant l'homogénéité du mélange carburé.

L'objet de la présente Note est de relater les résultats obtenus en ce

qui concerne les teneurs en particules solides des gaz d'échappement, sur les deux premiers moteurs antérieurement mentionnés, et dans les mêmes conditions de marche.

Les particules solides en question ont été prélevées (à l'aide d'une courte dérivation montée sur l'échappement du moteur et après dilution avec un excès d'air froid et pur), à l'aide d'un capteur électrostatique Pauthenier, par M. Chalande qui a aussi exécuté la photographie au microscope électronique et la numération des différentes tailles de particules précipitées sur des supports (formés de grilles très fines enduites de parlodion).

Une première expérience a permis de constater que les quantités de particules solides ne dépendaient pas de l'orientation, par rapport à la canalisation d'échappement, de l'orifice du tube de dérivation servant au prélèvement.

Une deuxième série d'expériences a été exécutée sur le premier moteur mentionné dans la précédente Note, pour une vitesse de 1500 t/mn et à pleine admission.

Les résultats de numération des particules solides déduits des photographies obtenues au microscope électronique (grossissement : 5 000) sont les suivants :

Conditions d'essai.	Particules < 0,1 μ.	entre 0,1 et 0,5 μ.	> 0,5 μ.
Réglage de série (sans dispositif)	457	201	10
» très pauvre (sans dispositif)	464	166	10
» spécial (avec dispositif M. S. type H)	302	150	3
» un peu plus riche que ci-dessus (avec dispositif M. S. type A)	458	63	3

On voit que la proportion de particules solides en suspension dans les gaz d'échappement diminue davantage encore sous l'influence des dispositifs améliorant l'homogénéité du mélange que sous l'influence d'un appauvrissement, même très prononcé (25 %). En outre, ce sont surtout les poussières les plus fines, donc les plus aptes à se fixer dans les tissus, qui sont supprimées.

A noter que la dernière ligne du tableau correspond au même montage que les figures 1 et 4 de la Communication sus-mentionnée, donc à un fonctionnement très économique, sans perte importante de puissance et à des teneurs en oxyde de carbone très réduites.

Dans une autre série d'essais effectués, sur le deuxième moteur mentionné dans la Note précédente, à une vitesse de rotation de 2 000 t/mn

et à pleine admission, on a obtenu les résultats suivants :

Conditions d'essai.	Particules $< 0,05\ \mu$.	entre 0,05 et 0,1 μ.	entre 0,1 et 0,5 μ.	entre 0,5 et 1 μ.
Montage de série (sans dispositif)............	329	27	11,5	1,5
Réglage appauvri de 20 % (sans dispositif).....	246	6,5	1,5	1,5
Réglage adapté (avec dispositif M. S. type A) ..	133	4,5	1	0

On voit que, dans ce cas comme dans le précédent, les quantités de particules solides contenues dans les gaz d'échappement sont réduites plus efficacement encore par la présence d'un dispositif améliorant l'homogénéité du mélange, que par un appauvrissement (même très prononcé) de celui-ci.

Le réglage adapté, utilisé avec dispositif améliorant l'homogénéité, étant d'ailleurs celui qui a servi aux expériences auxquelles se réfèrent les graphiques 2 et 5 de la précédente Communication, on voit que la réduction de la teneur en particules solides est obtenue, ici encore, dans des conditions de fonctionnement économiques, correspondant à une très faible perte de puissance et à des teneurs en oxyde de carbone très réduites.

De l'étude des particules solides contenues dans l'échappement d'un moteur à explosion d'automobiles, il ressort qu'une amélioration de l'homogénéité du mélange admis n'améliore pas seulement la consommation spécifique et la teneur en oxyde de carbone des gaz d'échappement, mais aussi la teneur en particules solides de ces gaz, et plus particulièrement la teneur en particules fines. En outre, il semble que l'amélioration de l'homogénéité du mélange aspiré réduise davantage la teneur en particules solides des gaz brûlés qu'un appauvrissement, même très accentué, de ce mélange. Une telle amélioration paraît donc être souhaitable du point de vue de la salubrité.

(1) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 3156.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Procédé permettant d'observer la couronne solaire et ses jets jusqu'à une grande hauteur*. Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

Le polarimètre coronal installé sur le coronographe du Pic du Midi en 1956 permet de déceler sans éclipse la couronne solaire, ses jets en éventails et ses jets effilés, jusqu'à une distance du bord solaire atteignant 35′.

But. — Les observations obtenues avec les coronographes n'ont pu encore montrer que les régions les plus basses de la couronne solaire, autour du bord

du disque. Pendant les éclipses au contraire la couronne apparaît comme une vaste auréole, panachée de jets étendus qu'on peut observer à l'œil nu jusqu'à une distance atteignant souvent de 30′ à quelquefois plus de 100′ du bord.

Le polarimètre coronal que je vais décrire décèle la couronne jusque dans ses couches élevées. Il permet de résoudre les problèmes encore inconnus de la durée des grands jets coronaux, de leur rotation, de leur évolution; d'établir les relations qui les associent aux phénomènes optiques et radioélectriques de la photosphère et de la chromosphère; de chercher leur relations avec certains phénomènes géophysiques.

Principe. — La lumière de la couronne est noyée dans celle, énormément plus intense, provenant de la diffusion par le ciel et par le coronographe. A quelque distance du bord solaire, la lumière coronale provenant de la diffusion par les électrons libres est presque complètement polarisée, avec vibration affaiblie radiale, tandis que la lumière parasite est très peu polarisée. Un polarimètre photoélectrique sensible est adapté derrière un coronographe; il recueille la lumière à travers un petit orifice qui balaye dans le plan focal l'image du ciel autour du Soleil ([1]).

Sensibilité. — La brillance B_d du fond lumineux diffusé à 15′ du bord solaire par un très bon coronographe, un jour de ciel très pur, est environ 10^{-5} fois la brillance B_s du disque solaire, et vaut 1,5 sb. Si j'utilise le coronographe du Pic du Midi, de diamètre utile $D = 18$ cm, sur un champ $\alpha = 1'$, le flux de lumière recueilli par le polarimètre est $B_d (\pi/4) D^2 \alpha^2$, soit 50 µlm. Le polarimètre très sensible que j'ai étudié et décrit récemment ([1]) permet au laboratoire de déceler dans un tel flux, en 1 s, une proportion de lumière polarisée un peu inférieure à 10^{-4}. Sur le ciel, l'agitation atmosphérique ainsi que les variations de brillance et de polarisation du fond lumineux diffusé accroissent les fluctuations, ainsi que la durée d'intégration nécessaire pour obtenir une telle précision. La brillance de la couronne est donnée en fonction de la distance R au centre du Soleil par la formule empirique de Baumbach :

$$B_c = 10^{-6} B_s (2,56/R^{17} + 1,42/R^7 + 0,053/R^{2,5}).$$

Au-dela de $R = 1,5$ cette lumière est presque complètement polarisée et elle donne en présence de la lumière parasite $B_d = 10^{-5} B_s$ la proportion de lumière polarisée : $P = 10(1,42/R^7 + 0,053/R^{2,5})$. A 30′ du bord solaire, $R = 3$ et la formule donne $P = 3,6 . 10^{-2}$; la couronne produit encore une polarisation observable. A 45′, $P = 1,0 . 10^{-2}$: des jets étendus exceptionnellement brillants seraient éventuellement encore décelables.

Réalisation. — Un premier modèle simplifié de l'appareil a été construit en 1955 et 1956, grâce à l'Observatoire du Pic du Midi; il s'adapte de façon amovible à la suite du coronographe de Lyot. Le polarimètre du type déjà décrit ([2]) est muni d'un compensateur mesurant directement la brillance de la lumière polarisée en fraction de celle du centre du disque solaire ([3]).

L'observateur règle d'abord la distance au bord solaire; puis l'appareil est tourné manuellement autour de son axe, afin de réaliser une série de mesures de 5 en 5° autour du Soleil; ensuite l'opération est recommencée à une distance plus grande, etc.

Dans l'instrument final le balayage spiralé sera mécanique; la compensation de la polarisation sera asservie au servomécanisme étudié pour enregistrer graphiquement la quantité de lumière polarisée. Ces dispositions permettront des mesures continues sans lacunes, ce qui augmentera encore la sensibilité, et par suite la distance actuellement accessible autour du bord solaire.

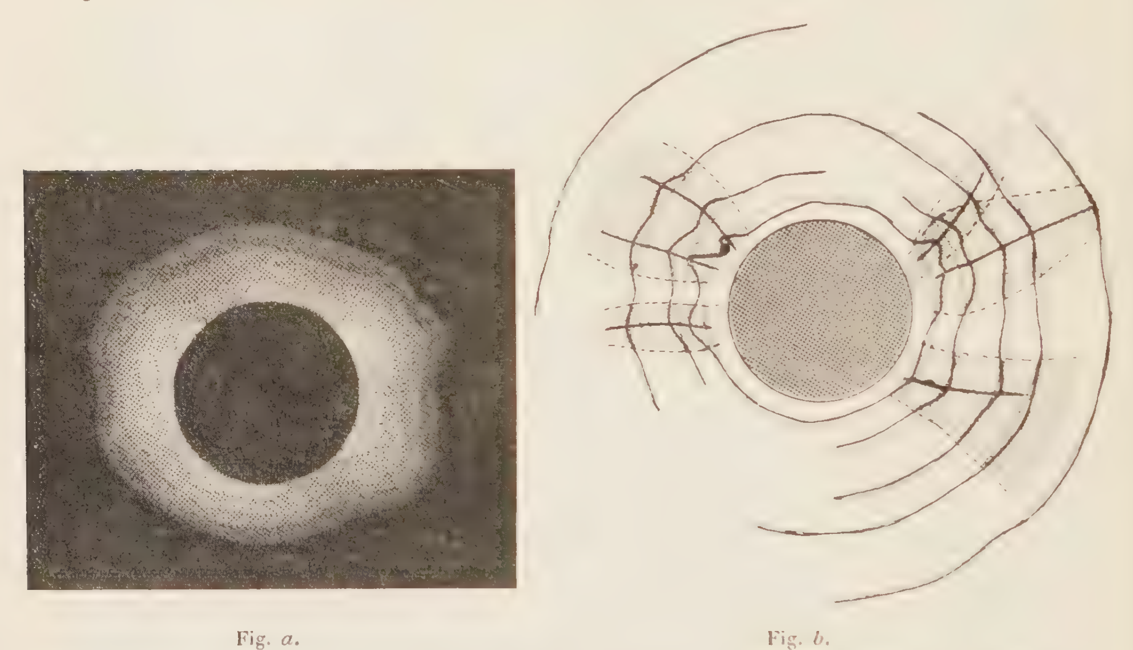


Fig. *a*. Fig. *b*.

Fig. *a*. — Isophotes de la lumière polarisée autour du Soleil le 17 mai 1958. Brillance de la limite de chaque contour, rapportée à 10^{-7} fois celle du centre du Soleil : 8, 5, 2,5, 0,75 et 0,50.

Fig. *b*. — Écarts de polarisation, en valeur relative, à différentes distances du bord solaire le 17 mai 1958. Structures coronales correspondantes.

Observations effectuées — Les premières observations de la couronne ont été obtenues en septembre 1956. Les courbes recueillies ont été rapprochées des clichés obtenus simultanément à travers le filtre polarisant que j'avais installé sur le coronographe en 1954 et qui montrent les structures de l'émission monochromatique 5 3o3 Å ([4]). Une même région brillante a été reconnue successivement au bord Est puis au bord Ouest. Les jets ont été suivis jusqu'à 12' du bord solaire. Cette distance a été ensuite portée à 35'. La figure montre un résultat complet, obtenu le 17 mai 1958. L'image *a* représente les isophotes de la lumière polarisée, déduites de 207 mesures effectuées entre 1' et 34' du bord. Les valeurs reportées ne caractérisent pas exactement la brillance de la lumière coronale polarisée, la lumière parasite devenant elle même légèrement polarisée

loin du bord solaire. (Lorsque le Soleil est observé bas, par ciel imparfaitement coronal, les diffusions multiples dans l'atmosphère ajoutent, de plus, une déformation horizontale.) La lumière polarisée reproduit les masses lumineuses de la couronne, selon un aspect très voisin mais non identique aux images d'éclipse. D'une part la polarisation de la couronne diminue près du disque en raison de la grande étendue apparente du globe solaire, ce qui diminue le gradient de la brillance. D'autre part les régions coronales localisées à une distance héliocentrique V du plan du contour apparent polarisent comme $\cos^2 V (1 + \sin^2 V)$ seulement, ce qui avantage les formations situées dans le plan perpendiculaire à la ligne de visée. Cette circonstance est favorable à leur localisation.

La lumière diffusée par les électrons provient d'une part de l'enveloppe gazeuse régulière qui entoure le Soleil, d'autre part de grands jets discrets et isolés qui l'agrémentent. Pour mettre en valeur ceux-ci, les observations ont été étudiées, sur la figure *b*, en reportant les écarts relatifs de la polarisation pour les mesures équidistantes du bord de part et d'autre du cercle définissant cette distance. Les maxima, joints par un trait gras, déterminent l'axe des jets; les lignes pointillées joignant les inflexions voisines donnent leurs formes. On retrouve deux types de panaches : les jets ouverts, qui s'épanouissent en éventail; les jets effilés qui s'élargissent à la base puis se resserrent et s'étirent jusqu'à une grande hauteur. L'un de ces jets était encore décelé à 34′ du bord solaire.

(1) Le principe de cette méthode ainsi que certaines modalités d'application sont décrits dans le pli cacheté n° 13 056 que j'ai déposé à l'Académie le 2 février 1953. Ce pli, ouvert sur ma demande au cours de la séance du 9 juin 1958 contenait deux Notes intitulées :

1° *Nouveau procédé d'observation de la couronne solaire intérieure, en lumière blanche, par une journée ordinaire de beau temps;*

2° *Procédé permettant d'observer la couronne solaire blanche et ses jets jusqu'à une grande distance du bord solaire.*

Une disposition semblable à la deuxième application a été imaginée indépendamment au High Altitude Observatory, U. S. A. et réalisée par G. Wlérick et J. Axtell (*Astroph. J.*, **126**, 1957, p. 253). En fonctionnement également depuis 1956 cet appareil enregistre généralement la couronne entre 1′ et 16′ du bord solaire.

(2) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 2345.

(3) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 3590.

(4) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1717.

THÉORIE DES PROJECTIONS. — *Une propriété caractéristique des faisceaux de surfaces sphériques ou planes.* Note (*) de M. **Lucien Vantroys**, présentée par M. Donatien Cot.

En étudiant du point de vue de la *Géodésie* et de la *Cartographie* si la définition d'une représentation planimétrique conforme du géoïde pouvait, tout en

restant rigoureusement conforme, être transposée, par projection suivant les verticales, aux autres surfaces de niveau du champ de la pesanteur terrestre, nous avons été amené à énoncer et à démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que la projection, l'une sur l'autre, par leurs trajectoires orthogonales, des surfaces d'une famille à un paramètre définisse une représentation conforme est que ces surfaces soient sphériques ou planes.*

Cette proposition s'apparente — mais ne s'identifie pas — à celle, classique, d'après laquelle la transformation des sphères (ou plans) en sphères (ou plans) est une propriété caractéristique du groupe des applications isogonales de l'espace euclidien à trois dimensions sur lui-même.

A. *La condition est nécessaire.* — En effet :

Soient $S(\lambda_0)$, fixe, et $S(\lambda)$ variable, deux surfaces distinctes. Considérons sur $S(\lambda_0)$ un *réseau orthogonal et isotherme* (R_0); si la représentation de $S(\lambda_0)$ sur $S(\lambda)$ est conforme, à (R_0) correspondra sur $S(\lambda)$ un réseau orthogonal et isotherme (R). Par application du *théorème de Dupin* au système triple orthogonal constitué par la famille des surfaces $S(\lambda)$ et les deux familles de surfaces constituées par les trajectoires orthogonales s'appuyant sur chacun des systèmes du réseau (R_0), on voit que, sur toute surface $S(\lambda)$, le réseau (R) est un réseau de *lignes de courbure*.

Or au réseau (R_0) on peut substituer un autre réseau, pareillement *orthogonal et isotherme*, soit (R'_0), dont l'orientation en chaque point soit décalée par rapport à celle de (R_0) d'un angle α uniforme, mais *quelconque*. Il suffit, par exemple, de représenter (R_0) sur un plan par un réseau (r_0) de droites rectangulaires équidistantes (représentation conforme $\mathcal{C}$), de faire tourner (r_0) de l'angle α pour obtenir (r'_0) et de définir (R'_0) comme étant l'image de (r'_0) dans la transformation conforme $\mathcal{C}^{-1}$ qui fait correspondre (R_0) à (r_0). Sur toute surface $S(\lambda)$ le réseau (R'), image de (R'_0), sera encore un réseau de *lignes de courbure*.

Ainsi, en chaque point de $S(\lambda)$, toute direction est tangente à une ligne de courbure. Autrement dit, tout point de $S(\lambda)$ est un ombilic, et $S(\lambda)$ ne peut être qu'une sphère ou un plan.

B. *La condition est suffisante.* — Dans le cas d'un *faisceau linéaire de plans ou de sphères* la transformation se réduit, ou se ramène *par inversion*, à une *translation*, *rotation* ou *homothétie*.

Nous avons dû recourir au calcul différentiel pour vérifier que le résultat subsiste dans le cas d'un *faisceau non linéaire* considéré comme l'enveloppe de l'ensemble des faisceaux linéaires qui lui sont tangents.

Considérons la sphère d'équation générale (non linéaire en λ) :

$$x^2 + y^2 + z^2 + a(\lambda)x + b(\lambda)y + c(\lambda)z + d(\lambda) = S(\lambda, x, y, z) = S(\lambda) = 0$$

et supposons que le paramétrage est régulier, c'est-à-dire que, si $\delta\lambda$ (que nous

supposerons positif) est infiniment petit, la distance à $S(\lambda)$ du point courant sur $S(\lambda + \delta\lambda)$ est infiniment petite *de l'ordre de* $\delta\lambda$.

Les sphères $S(\lambda)$ et $S(\lambda + \delta\lambda)$ se correspondent par le faisceau non linéaire $S(\lambda)$; mais elles se correspondent aussi par le faisceau linéaire $\Sigma(\mu)$ que nous baptiserons *faisceau linéaire « sécant* entre λ et $\lambda + \delta\lambda$ », d'équation générale :

$$S(\lambda) + \mu P(\lambda, \delta\lambda) \equiv \Sigma(\mu) = 0,$$

avec

$$P(\lambda, \delta\lambda) \equiv a'(\lambda + \theta_1\,\delta\lambda)\,x + b'(\lambda + \theta_2\,\delta\lambda)\,y + c'(\lambda + \theta_3\,\delta\lambda)\,z + d'(\lambda + \theta_4\,\delta\lambda),$$

θ_1, θ_2, θ_3 et θ_4, compris entre 0 et 1, étant déterminés par application du théorème des accroissements finis. On vérifie que

$$\Sigma(0) \equiv S(\lambda) \qquad \text{et} \qquad \Sigma(\delta\lambda) \equiv S(\lambda + \delta\lambda).$$

Mais, si les sphères $\Sigma(0)$ et $S(\lambda)$ d'une part, $\Sigma(\delta\lambda)$ et $S(\lambda + \delta\lambda)$ d'autre part s'identifient *globalement*, par contre nous ne savons pas si l'application de $\Sigma(0)$ sur $\Sigma(\delta\lambda)$ s'identifie avec l'application de $S(\lambda)$ sur $S(\lambda + \delta\lambda)$. Montrons seulement que cette identification est réalisée *au moins au troisième ordre près*.

Soient $m'(\xi, \eta, \zeta)$ et $m''(x, y, z)$ les points homologues de M sur $\Sigma(\mu)$ et $S(\lambda + \mu)$; μ variant de zéro à $\delta\lambda$, m' décrit l'arc de cercle $\widehat{MM'}$, et m'' l'arc de courbe $\widehat{MM''}$: ces arcs, respectivement trajectoires orthogonales des $\Sigma(\mu)$ et des $S(\lambda + \mu)$ ont pour équations différentielles :

$$(m') \qquad \frac{d\xi}{\Sigma_\xi} = \frac{d\eta}{\Sigma_\eta} = \frac{d\zeta}{\Sigma_\zeta} = \frac{-\Sigma_\mu\, d\mu}{(\Sigma_\xi)^2 + (\Sigma_\eta)^2 + (\Sigma_\zeta)^2},$$

$$(m'') \qquad \frac{dx}{S_x} = \frac{dy}{S_y} = \frac{dz}{S_z} = \frac{-S_\mu\, d\mu}{(S_x)^2 + (S_y)^2 + (S_z)^2}.$$

d'où l'on déduit, par un calcul qu'il est possible de présenter sous une forme rigoureuse, que la partie principale de l'écart $\overrightarrow{m'm''}$ est définie par

$$\frac{\overrightarrow{m'm''}}{\overrightarrow{\omega M}} \sim \frac{x - \xi}{x + \frac{a}{2}} \sim \frac{y - \eta}{y + \frac{b}{2}} \sim \frac{z - \zeta}{z + \frac{c}{2}} \sim \frac{a''x + b''y + c''z + d''}{4\,\overline{\omega M}^2}\,\mu(\delta\lambda - \mu),$$

ω désignant le centre de la sphère $S(\lambda)$.

Cette relation montre que, pour $0 < \mu < \delta\lambda$, $|\overrightarrow{m'm''}|$ est de l'ordre de $\delta\lambda^2$ en général, et que sa partie principale, du second ordre, s'annule pour $\mu = 0$ [m' et m'' confondus en M, sur $\Sigma(0) \equiv S(\lambda)$] et pour $\mu = \delta\lambda$ [m' en M', et m'' en M'', sur $\Sigma(\delta\lambda) \equiv S(\lambda + \delta\lambda)$], d'où

$$|\overrightarrow{M'M''}| < K\,\delta\lambda^3,$$

K étant un nombre fini.

A un triangle infiniment petit ABC, dont les côtés sont de l'ordre de $\delta\lambda$,

tracé sur $S(\lambda)$, correspondent les images $A'B'C'$ sur $\Sigma(\delta\lambda)$ et $A''B''C''$ sur $S(\lambda+\delta\lambda)$.

Posons

$$\widehat{B'A'C'} = \widehat{BAC} = \varphi(\lambda) \quad \text{et} \quad \widehat{B''A''C''} = \varphi(\lambda+\delta\lambda).$$

De la superposition, au troisième ordre près, des sommets A'', B'', C'' aux sommets A', B', C', on déduit l'équivalence des angles au deuxième ordre près, soit

$$|\varphi(\lambda+\delta\lambda) - \varphi(\lambda)| < k\,\overline{\delta\lambda}^2,$$

k étant un nombre fini ; d'où

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = 0.$$

Cette relation, qui se vérifie quel que soit λ, peut s'écrire

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = 0 \quad \text{ou} \quad \varphi(\lambda) = \varphi(\lambda_0),$$

expression de la conformité de l'application de $S(\lambda_0)$ sur $S(\lambda)$.

C. Q. F. D.

Une recherche bibliographique nous a permis de retrouver dans G. Darboux (¹) une autre démonstration du fait que *la condition est suffisante*. Nous n'avons, par contre, trouvé aucune référence à une démonstration du fait que *la condition est nécessaire*.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(¹) G. Darboux, *Leçons sur les systèmes triples orthogonaux*, Gauthier-Villars, Paris, 1910, livre I, chap. II, p. 42, lignes 14 à 19.

THERMODYNAMIQUE. — *De l'utilisation des gaz résiduels pour la préparation de la phase de combustion dans les moteurs à allumage par compression.* Note (*) de MM. **Rostislav Vichnievsky** et **Georges Monnot**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. *Principe.* — Dans le moteur classique à allumage par compression, une charge d'air est aspirée dans le cylindre pendant la course descendante du piston. Elle est ensuite fortement comprimée (pression maximum de l'ordre de 30 à 50 kg/cm², de façon presque adiabatique et sa température s'élève fortement de 500 à 600°C. Le combustible liquide est alors introduit dans le cylindre sous forme de fin brouillard dont les gouttelettes s'enflamment spontanément dans cet air comprimé et chaud. Pour que le fonctionnement du moteur soit satisfaisant il convient que cette inflammation se fasse aisément : c'est ce qui a lieu en particulier avec des molé-

cules d'hydrocarbures paraffiniques contenant de 14 à 18 atomes de carbone. Les molécules plus légères constituant normalement l'essence, de même que les molécules aromatiques ou naphténiques, sont au contraire beaucoup plus difficiles à enflammer.

On sait cependant, en particulier d'après les travaux de Dumanois et Laffitte (1), qu'une inflammation brutale et rapide peut être observée lorsque le mélange carburé a été, du fait de la propagation de la flamme, soumis en avant du front de flamme à des température et pression élevées (phénomène dit détonation apparaissant dans la partie non encore brûlée de la charge).

Par analogie, on peut penser mettre à profit l'évolution physico-chimique d'une partie du combustible dans le moteur à allumage par compression pour faciliter l'inflammation de la charge.

L'injection préalable de 15 à 20 % du combustible dans le cycle 30 ou 40° avant l'injection principale constitue un ancien procédé répondant à ce souci. Il ne permet cependant pas, en dépit de ses avantages, d'utiliser des carburants autres que les gas oils.

Des résultats beaucoup plus marqués ont été obtenus par les auteurs en réalisant dans le cylindre l'injection d'une première fraction importante de la charge à la fin même de la phase d'échappement. Le combustible de cette fraction se trouve alors en contact avec des gaz dont la température est de l'ordre de 1000°C. Par ailleurs ces gaz résiduels ne contiennent plus qu'une proportion d'oxygène tout à fait insuffisante pour brûler le combustible injecté. Celui-ci subit donc une évolution, limitée :

— chimiquement d'une part, par défaut d'oxygène;

— thermiquement d'autre part, à la suite de l'abaissement de température très brutal qui se produit pendant l'admission d'air frais.

La deuxième fraction de la charge est injectée en fin de compression comme dans un moteur classique et son inflammation spontanée est presque immédiate.

2. *Résultats d'expérience.* — Les résultats suivants ont été observés avec un moteur à 4 temps, à injection directe, tournant à 1 250 t/mn et fournissant son couple nominal.

		Consommation spécifique (g/ch/h).	Délai d'inflammation en degrés de rotation du vilebrequin.	Vitesse d'accroissement de la pression (kg/cm² degré).	Pression maximum (kg/cm²).
Marche avec injection simple classique	Gas oil........	176	15	12	70
	Essence.......	175	24	16	75
Marche avec double injection	Gas oil........	176	16	5,5	67
	Essence........	171	10	3	76

Les deux figures font apparaître une différence marquée entre le diagramme pression-angle de rotation relevé en marche avec injection simple

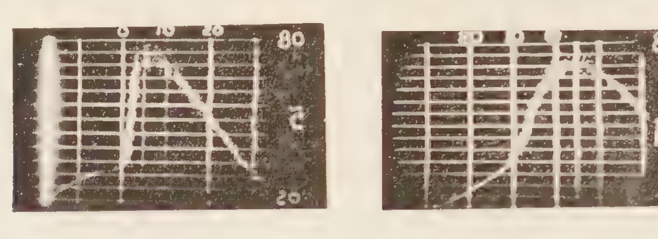


Fig. 1. Fig. 2.

classique (*fig.* 1) et le diagramme pression-angle de rotation relevé en marche avec double injection (*fig.* 2), le combustible utilisé dans l'un et l'autre cas étant l'essence d'indice d'octane égal à 80.

(1) M. Prettre, P. Dumanois et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 329.
(*) Séance du 16 juin 1958.

ACOUSTIQUE. — *Contribution à l'étude de la diffusion d'une onde ultrasonore plane par des surfaces à structure périodique.* Note de M. **Hervé Blons**, présentée par M. Louis de Broglie.

Quand une onde sonore frappe une surface plane, non absorbante, « parfaitement lisse », elle se réfléchit totalement suivant une direction que donnent les lois de l'optique géométrique. Si la surface est « parfaitement rugueuse » on observe une diffusion que traduit assez bien la loi empirique de Lambert : $I_\theta = I_0 \cos\theta$, où I_θ est l'intensité réfléchie dans une direction faisant un angle θ avec la normale à la surface. Si la surface rugueuse possède une structure périodique et constitue donc un réseau plan par réflexion, on observe dans certaines directions bien localisées, une intense énergie réfléchie. Ces directions ne dépendent que de la valeur relative de la période de la surface, L, par rapport à la longueur d'onde de la vibration, λ. En considérant le champ réfléchi comme une superposition d'un ensemble infini d'ondes planes satisfaisant toutes à l'équation de propagation, c'est-à-dire en l'écrivant sous la forme d'une série de Fourier que justifie la périodicité de la surface, on est conduit à situer les divers spectres de diffraction dans des directions α_m données par la formule

$$\sin \alpha_m = \sin \alpha_0 + m \frac{\lambda}{L} \qquad (1)$$

(α_0 est l'angle d'incidence; $m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$.

Des valeurs de $|\sin \alpha_m|$ supérieures à 1 introduisent des ondes non rayonnantes, ayant le caractère d'ondes de surface avec décroissance exponentielle de l'amplitude dans une direction perpendiculaire à la surface. Les études théoriques de Lord Rayleigh, d'Eckart, de Brekhovskikh, de Lissanoff aboutissent toutes à la formule (1).

En ce qui concerne la répartition de l'énergie réfléchie entre les différents spectres diffractés, deux facteurs essentiels entrent en jeu : la forme de la structure et la profondeur e du sillon. Les théories déjà citées traitent très particulièrement des surfaces sinusoïdales et font toutes l'hypothèse de surfaces de « faible pente » ($e \ll L$). Mais la valeur relative de la profondeur du sillon par rapport à la longueur d'onde du son a aussi une importance considérable. Mettons-la en évidence sur une surface à structure rectangulaire. Une période L est formée d'une bande inférieure de largeur a et d'une bande supérieure de largeur b. Le retard de l'onde qui se réfléchit sur la bande inférieure par rapport à celle qui se réfléchit sur la bande supérieure est :

$$\Delta = \frac{L}{2}(\sin i' - \sin i) + e(\cos i + \cos i')$$

(i étant l'angle d'incidence et i' l'angle de diffraction).

L'amplitude de la vibration diffractée par l'ensemble des bandes a et b est minimum si ce retard est égal à un nombre impair de demi-longueurs d'onde et maximum s'il est égal à un nombre entier de longueurs d'onde. Ces extrema tombent sur un spectre d'ordre m si i et i' satisfont à la loi des réseaux. Dans ce cas, nous avons un affaiblissement du spectre d'ordre m si :

$$2e(\cos i + \cos i') = (2n - m + 1)\lambda$$

et un renforcement si :

$$2e(\cos i + \cos i') = (2n - m)\lambda.$$

En particulier, nous voyons qu'en choisissant l'angle d'incidence tel que

$$\cos i = \frac{(2n+1)\lambda}{4e},$$

le spectre d'ordre zéro est faible; la diffusion est alors excellente. Par contre, si

$$\cos i = \frac{n\lambda}{2e},$$

l'onde régulièrement réfléchie prend une importance exceptionnelle et la diffusion est médiocre.

Étude expérimentale. — Dans toutes nos expériences nous utilisons un générateur ultrasonore à impulsions. Nous disposons des fréquences 5/8,

1 1/4, 2 1/4, 2 1/2 Mc. L'émetteur et le récepteur sont des transducteurs à cristal, particulièrement bien adaptés aux liquides, d'impédance mécanique élevée. Le temps écoulé entre l'émission de l'impulsion et l'arrivée de la réflexion est indiqué sur le tube cathodique d'un oscilloscope. Les deux quartz piézoélectriques sont disposés sur la plate-forme d'un goniomètre optique au centre duquel est placée la surface diffusante. Cet ensemble est posé dans une cuve pleine d'eau.

Nous avons étudié des surfaces à profils triangulaires, rectangulaires, semi-cylindriques concaves et semi-cylindriques convexes de périodes 1, 2, 4 mm. Dans tous les cas, nous avons trouvé qu'il existait pour les directions des spectres de diffraction un bon accord entre l'expérience et la théorie (l'écart maximum est de 3 degrés). Nous avons pu vérifier que quel que soit l'angle d'incidence il n'y a pas de spectre réfléchi, excepté celui d'ordre zéro, quand la période de la surface est inférieure à la moitié de la longueur d'onde du son.

Nous avons recherché pour une surface à structure rectangulaire les angles d'incidence donnant un affaiblissement du spectre d'ordre zéro. L'émetteur restait fixe. Nous faisions tourner lentement le réseau en prenant chaque fois le soin de faire tourner le récepteur d'un angle double, pour le maintenir dans la direction de réflexion géométrique. Pour les valeurs suivantes des paramètres :

$$L = 4\,\text{mm}, \qquad e = 0{,}5\,\text{mm}, \qquad \lambda = 0{,}57\,\text{mm},$$

nous avons trouvé très sensiblement les angles que donne le calcul : $i = 31°$, $i = 73°$. Nous avons remarqué un renforcement aux environs de $i = 55°$.

ACOUSTIQUE. — *Sur la diffraction des ondes ultrasonores par des réseaux de tiges à couches multiples.* Note de M. **Paul de Villers**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons étudié la diffraction d'une onde ultrasonore par des réseaux de tiges cylindriques disposées régulièrement suivant plusieurs couches équidistantes. Nous nous sommes attaché essentiellement à retrouver les lois données par Bragg pour la diffraction des rayons X par les réseaux cristallins tridimensionnels.

Le faisceau incident est produit par un transducteur à quartz excité par un générateur à impulsions. Un quartz récepteur R identique à l'émetteur E permet d'explorer le champ ultrasonore : pour cela les deux quartz E et R sont disposés sur le plateau circulaire d'un goniomètre au centre duquel se trouve

le réseau. Ils sont reliés à un oscillographe cathodique qui indique l'intensité de pression dans les différentes directions.

Nous utilisons la fréquence 2,5 Mc. Comme nous opérons dans l'eau (les ultrasons ne se propageant pas dans l'air à cette fréquence) la longueur d'onde aura pour valeur :

$$\lambda = \frac{1,43.10^{6}}{2,5.10^{6}} = 0,57\,\text{mm}.$$

Les tiges constituant le réseau ont un diamètre de 3/10ᵉ de millimètre. La difficulté majeure était d'assurer leur parallélisme rigoureux et leur équidistance. Nous y sommes parvenu en perçant simultanément deux plaques métalliques de trous régulièrement espacés dans lesquels nous fixons les deux extrémités des tiges.

L'onde ultrasonore incidente a été supposée plane dans toute notre étude. En effet le diamètre D de l'émetteur est grand devant la longueur d'onde ($D = 30\,\text{mm} \approx 50\lambda$). L'angle β d'ouverture du faisceau incident qui est tel que $\sin\beta = 1,2\,\lambda/D$ est donc très petit. De plus la distance entre l'émetteur et le réseau (20 cm) est suffisante pour que l'hypothèse d'une onde plane soit largement justifiée.

Considérons alors cette onde plane incidente sur un réseau à $N+1$ couches séparées d'intervalles réguliers égaux à b, les axes de coordonnées étant ainsi choisis : Ox perpendiculaire au plan P_0 de la première couche, Oy et Oz dans ce plan P_0, Oz suivant l'axe de la tige centrale du plan. Dans ces conditions si α est l'angle d'incidence le potentiel de vitesse de l'onde s'écrit :

$$\psi_\alpha = e^{-ikr\cos(\theta-\alpha)} \qquad \text{avec} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

(l'amplitude est prise égale à l'unité et le facteur de temps $e^{-i\omega t}$ est sous-entendu).

Le champ total transmis sera :

$$\Psi_T = \sum_\varphi \psi_\varphi\, e^{-iNkb\cos\varphi}\, T_{\alpha,\varphi}$$

$T_{\alpha,\varphi}$ désigne le coefficient de transmission dans une direction φ pour une direction d'incidence α. Le facteur de phase $e^{-iNkb\cos\varphi}$ est introduit pour pouvoir référer la phase au plan P_n de la dernière couche du réseau qui se trouve à la distance Nb du plan P_0 dans lequel la phase est prise nulle.

De même sur le côté incident du réseau le potentiel du champ total s'écrit

$$\Psi_R = \psi_\alpha + \sum_{\varphi'} \psi_{\varphi'} R_{\alpha,\varphi'}$$

$R_{\alpha,\varphi'}$ étant le coefficient de réflexion dans une direction caractérisée par l'angle φ'.

L'application du théorème de Green aux champs provenant des diverses ondes Ψ permet de trouver des relations entre les coefficients R et T (nous ne développons pas ici les calculs inspirés des Ouvrages de Lord Rayleigh).

En particulier pour une « réflexion de Bragg » où une onde d'incidence donnée, α donne seulement naissance à une onde transmise et à une onde réfléchie, nous obtenons les conditions que doivent satisfaire R et T dans ce cas. Les seules directions d'incidence donnant lieu à ces « modes de propagation » doivent satisfaire à l'équation : $2d \sin\alpha = p\lambda$ (p est un nombre entier quelconque, α l'angle que fait l'onde avec une direction de plans réticulaires et d la distance entre deux plans réticulaires).

Notre étude expérimentale a consisté à faire tourner simultanément le réseau et le récepteur afin de déterminer les angles d'incidence pour lesquels nous obtenons des maxima d'intensité.

En faisant tourner le récepteur seul pour une incidence donnée, nous avons pu également déterminer les directions de plans réticulaires, ce qui d'autre part peut se faire géométriquement.

Les résultats concordent avec les prévisions. Cependant nous n'avons jamais « extinction » complète pour quelque incidence que ce soit.

Nous avons étudié divers réseaux en faisant varier le nombre et l'écartement de couches ainsi que la distance des tiges de chaque couche. Nous constatons que plus les tiges sont rapprochées et le nombre de couches grand, meilleurs sont les résultats.

ACOUSTIQUE. — *Étude théorique et expérimentale du rôle phonatoire de la cavité pharyngo-buccale assimilée à un pavillon. — Voyelles parlées non nasalisées (pavillon à profil variable avec le temps).* Note de M. **Raoul Husson**, transmise par M. Jean Cabannes.

Dans la formation des voyelles parlées, le pavillon pharyngo-buccal se déforme en fonction du temps, tandis que sa fourniture d'attaque devient presque périodique. Le fonctionnement acoustique du pavillon revêt sa complication maximum. Une voyelle parlée n'est jamais un phénomène acoustique bien défini.

1. La formation d'une voyelle parlée (non nasalisée) se distingue de celle de la voyelle chantée correspondante ([1]), ([2]), chez un même sujet et sur la même tonalité d'émission, au moins par les différences suivantes : *a*. le fonctionnement du mécanisme laryngé d'attaque *fluctue* à chaque période (variations instantanées de la fréquence et de la fourniture); *b*. le pavillon pharyngo-buccal se déforme à chaque instant en raison des phénomènes articulatoires, offrant en général pour chaque voyelle émise une phase de *dilatation* suivie d'une phase de *contraction* (qui peut aller jusqu'à la fermeture).

Il en résulte que, dans la formation des voyelles parlées : 1° le pavillon

pharyngo-buccal est à *profil variable avec le temps*; et 2° il est attaqué par une *fourniture presque périodique*.

2. Si l'on suppose que le profil du pavillon varie assez lentement avec le temps pour que sa déformation soit faible pendant la durée d'une période du son excitateur, l'équation générale de la propagation acoustique en son sein demeure celle de Rocard ([3]), mais où la section $S(x, t)$ est à la fois fonction de l'abscisse x et du temps t :

$$\frac{1}{c^2}\left[\frac{S(x+y, t)}{S(x, t)}\right]^{\gamma}\left[1+\frac{\partial y}{\partial x}\right]^{\gamma+1}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}=\left[\frac{S(x+y, t)}{S(x, t)}\right]\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}+\left[1+\frac{\partial y}{\partial x}\right]\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{S(x+y, t)}{S(x, t)}\right].$$

Pour des ondes d'amplitudes *moyennes*, c'est-à-dire pour des intensités vocales de 50 à 80 dB environ, cette équation se réduit à celle que nous avons donnée dans une précédente Note ([2]) :

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}=\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}+\frac{\partial}{\partial x}\left[y\frac{1}{S(x, t)}\frac{\partial S(x, t)}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial x}\left\{\frac{1}{S(x, t)}\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{y^2}{2}\cdot\frac{\partial S(x, t)}{\partial x}\right]\right\},$$

et, pour des ondes d'amplitudes *infiniment petites*, c'est-à-dire pour des intensités inférieures à 50 dB environ, elle se réduit à l'équation dite de Webster :

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}=\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}+\frac{\partial}{\partial x}\left[y\frac{1}{S(x, t)}\frac{\partial S(x, t)}{\partial x}\right].$$

La présence du temps t dans les coefficients de ces trois équations peut notamment modifier les *zéros* des dérivées partielles $\partial S(x, t)/\partial x$ et $(\partial/\partial x)[S(x+y, t)/S(x, t)]$, qui influent le plus directement sur la nature analytique des solutions et sur les phénomènes physiques qu'elles représentent.

3. Lorsque la fonction $S(x, t)$ se décompose en un produit à variables séparées $f(t)S(x)$, le temps t s'élimine des coefficients de l'équation générale de Rocard aussi bien que des équations réduites. Ce cas est réalisé *grosso modo* dans l'émission des voyelles parlées, durant lesquelles on peut admettre que le pavillon présente des sections qui évoluent en gros proportionnellement, soit en s'ouvrant, soit en se refermant, et d'ailleurs dans de faibles limites.

Mais les propriétés acoustiques intrinsèques du pavillon varient cependant avec $f(t)$, et notamment : *a*. ses *sons propres* (plus aigus en phase contractée); *b*. l'*impédance ramenée* sur le mécanisme d'attaque [qui décroît très vite lorsque $f(t)$ croît].

4. La fourniture d'attaque, presque périodique, peut se représenter par une fourniture *périodique* $F(t)$, dont la période reçoit une valeur moyenne T durant l'émission vocalique considérée, à laquelle se superpose une fourniture *aléatoire* $a(t)$ d'amplitude plus faible. Les pressions $F(t)$ et $a(t)$ se développent simultanément dans le pavillon. Le rôle de la composante aléatoire $a(t)$ paraît

être : 1° d'atténuer les amplitudes des résonances du pavillon; et 2° d'élever l'énergie interne dans le pavillon et ainsi de rendre ses *sons propres* plus aigus.

5. Aux grandes intensités, le pavillon pharyngo-buccal est fortement *dispersif*. Impossible à mettre en évidence sur des voyelles tenues (voix chantée), l'effet dispersif, qui accroît énormément la vitesse des harmoniques immédiatement supérieurs à la fréquence de coupure (voisine de 2 500 cycles), se manifeste sur les voyelles parlées à forte intensité en accroissant l'éclat vocalique au début de la première période de chaque voyelle émise [éclat qui dépend précisément des harmoniques de la bande 2 500-3 500 cycles ([1])].

6. Il résulte de ce qui précède qu'une voyelle parlée n'est jamais un phénomène acoustique bien défini, ce qui explique les désaccords enregistrés historiquement dans leur étude.

([1]) R. Husson et L. Pimonow, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1261.
([2]) R. Husson, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3420.
([3]) Y. Rocard, *Dynamique Générale des Vibrations*, Masson, Paris, 2e éd., 1949, p. 363-414.

MAGNÉTISME. — *Sur l'influence de la température dans la reptation des cycles d'hystérésis dissymétriques.* Note de M. **Nguyen-Van-Dang**, transmise par M. Louis Néel.

Aux trois températures de 290, 77 et 20°K, on retrouve les mêmes lois expérimentales pour la reptation, ce qui permet de penser que ce phénomène serait dû à un champ aléatoire provenant uniquement des interactions entre domaines élémentaires. Ce champ de reptation est totalement différent du champ de fluctuations thermiques qui est à l'origine du traînage de fluctuations.

Nous avons montré dans une Note antérieure ([1]) les caractéristiques expérimentales de la reptation des cycles d'hystérésis dissymétriques décrits entre les limites de champ H_A et H_B, et nous en avons énoncé les lois expérimentales qui sont en accord avec la théorie proposée par L. Néel ([2]), ([3]). D'après cette théorie, la reptation serait due à un petit champ magnétique de caractère aléatoire qui vient se superposer aux champs appliqués H_A et H_B entre lesquels sont décrits les cycles d'hystérésis successifs. Ce champ de reptation serait la partie aléatoire d'un champ de couplage qui représente l'action de l'ensemble des autres domaines élémentaires sur un domaine quelconque bien déterminé. En désignant par h_r la valeur quadratique moyenne de ce champ de reptation, L. Néel ([3]) avait établi que les termes de reptation sont donnés par

$$R_n^A = S_{AB}.x_n h_r, \qquad R_n^B = S_{BA}.x_n h_r,$$

où nous rappellerons que S_{AB} et S_{BA} sont les susceptibilités irréversibles compo-

sées définies par L. Néel ([3]) et x_n un terme numérique de reptation qui ne dépend que du nombre n de cycles décrits.

Il importe de savoir s'il existe une corrélation entre ce champ de reptation et le champ de fluctuations thermiques qui a été étudié par J. C. Barbier ([4]) et qui est à l'origine du traînage de fluctuations ([5]). A cet effet nous avons étudié l'évolution de la reptation en fonction de la température, entre la température ambiante et celle de l'hydrogène liquide ([6]).

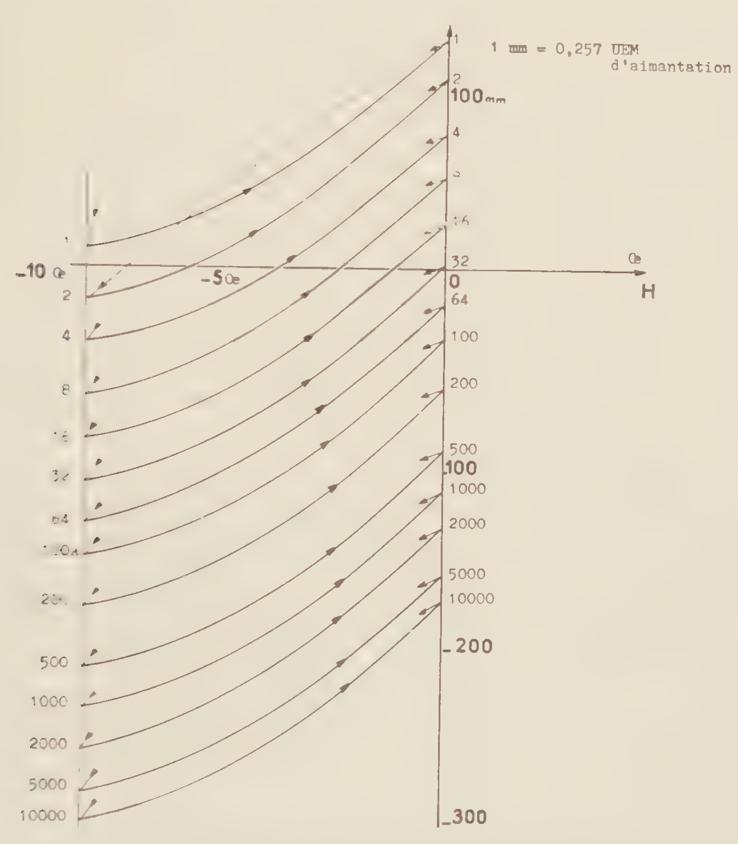


Fig. 1. — Reptation d'un fil de fer après saturation à 77° K.

1. *Loi de variation en fonction du nombre de cycles n.* — La reptation se retrouve encore aux basses températures et son amplitude reste suffisamment importante pour la différencier des autres anomalies dans les phénomènes d'hystérésis.

Sur un fil de fer saturé dans le sens positif ($H_c = 9{,}5$ Oe à 77° K), nous avons décrit des cycles entre $H_A = -H_c$ et $H_B = 0$ à la température d'ébullition de l'azote liquide (77° K). Sur la figure 1, nous avons représenté les branches montantes de tels cycles pour $n = 1$ jusqu'à 10 000. En fonction de n, la reptation R_n^A ou R_n^B reste encore proportionnelle à $(\log n)^{1/2}$. Ceci a été vérifié sur un

fil d'acier au carbone pour les deux types d'expériences suivantes :

Type a : Désaimantation dans un champ alternatif décroissant puis description des cycles entre $H_A = H_c$ et $H_B = 0$ (*fig.* 2*a*).

Type b : Saturation dans le sens positif puis description des cycles entre $H_A = -H_c$ et $H_B = 0$ (*fig.* 2*b*).



a Fig. 2. *b*

Fig. 2 a — R_n^B en fonction de x_n pour un fil d'acier après désaimantation, à différentes températures.
Fig. 2 b — R_n^B en fonction de x_n pour un fil d'acier après saturation à 290, 77 et 20° K.

La reptation R_n^B est représentée ici en fonction de x_n qui varie comme $(\log n)^{1/2}$ pour n assez grand. Les courbes obtenues (*fig.* 2) sont sensiblement des droites pour $n > 20$. Mais l'amplitude de la reptation est plus grande à la température ordinaire, cette amplitude varie peu ensuite entre 77 et 20° K.

Les anomalies observées pour la reptation des tout premiers cycles peuvent s'interpréter par l'effet d'une bascule négative du cycle d'hystérésis, dont une théorie a été proposée récemment par L. Néel ([7]).

2. *Loi de variation en fonction de l'amplitude de dissymétrie h.* — Pour des expériences du type *a* et sur le même fil d'acier au carbone, nous avons trouvé que la loi de variation en fonction de h se conserve également aux différentes températures. Le maximum de reptation s'observe toujours dans les environs du champ coercitif à la température de l'expérience :

H_c à 290° K = 14,7 Oe; H_c à 77° K = 24,2 Oe; H_c à 20° K = 25,68 Oe.

En portant R_n^B ou R_n^A en fonction du champ réduit h/H_c nous avons le réseau de courbes de la figure 3.

Avec un fil d'anhyster D et pour le même type *a* d'expériences nous avons le réseau des courbes de la figure 4. Aux trois températures considérées, les valeurs du champ coercitif sont les suivantes :

H_c à 290° K = 5,04 Oe; H_c à 77° K = 6,8 Oe; H_c à 20° K = 7,26 Oe.

D'après ces courbes, la reptation varie peu avec la température, surtout

entre 77 et 20° K. D'autre part, lorsqu'on s'éloigne de la valeur du champ coercitif, la reptation décroît moins vite aux basses températures qu'à la température ordinaire.

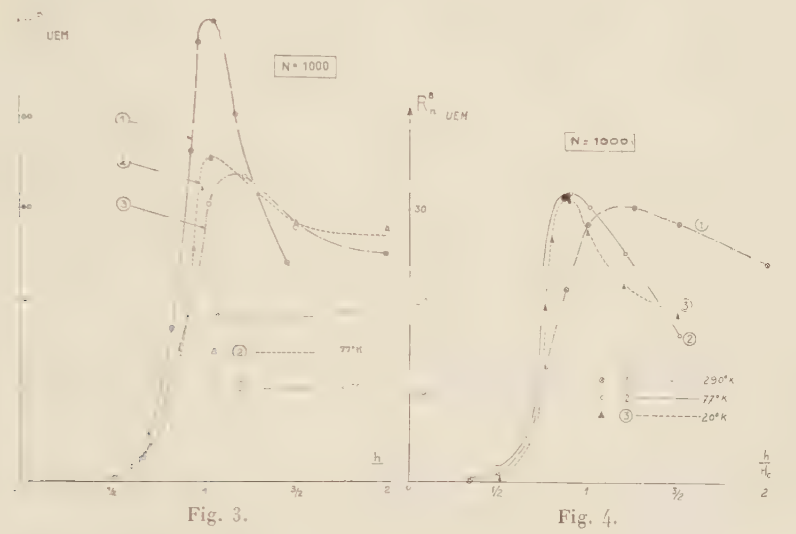


Fig. 3.
Fig. 4.

Fig. 3. — R_n^B en fonction de h/H pour un fil d'acier après désaimantation à différentes températures.
Fig. 4. — Anhyster D, même type d'expérience.

Ces expériences montrent que la température a peu d'influence sur la reptation et que le champ de reptation est de nature totalement différente du champ de fluctuations thermiques.

(1) Nguyen Van Dang, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2357 et 3034.
(2) L. Néel, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2442.
(3) L. Néel, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2668.
(4) J. C. Barbier, *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 84.
(5) L. Néel, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 49.
(6) Nous avons eu recours aux conseils et aux équipements du Laboratoire des Basses Températures du Professeur L. Weil.
(7) L. Néel, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2313 et 2963.

(*Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du Métal, Grenoble.*)

RÉSONANCE PARAMAGNÉTIQUE. — *Comparaison des sensibilités des spectrographes à résonance paramagnétique électronique dans la bande des* 3 cm. Note (*) de M. **Jean Roch**, présentée par M. Louis de Broglie.

La sensibilité des spectrographes des deux types classiques dépend largement de la valeur du facteur de surtension de la cavité et du coefficient de couplage de cette cavité au guide. On montre comment choisir le coefficient de couplage optimum suivant les buts poursuivis.

1. Plusieurs auteurs [1], [2] ont proposé des montages qui se ramènent à deux types fondamentaux, et dans lesquels la courbe de résonance paramagnétique électronique s'inscrit directement sur l'écran d'un tube cathodique. La puissance U. H. F. reçue par le cristal détecteur est toujours de la forme [1], [2], [3]

$$P = AP_0\left[\frac{(\alpha-1)^2}{(\alpha+1)} + 4\xi Q_0\chi''\frac{\alpha(\alpha-1)}{\alpha+1}\right].$$

où P_0 est la puissance fournie par le klystron; A un coefficient dépendant du montage et valant 1/4 si le pont d'impédances utilisé est un T magique [1], 3/16 pour un coupleur directif de 3 dB [2]; α le coefficient de couplage de la cavité au guide; ξ le coefficient de remplissage de la cavité; Q_0 son coefficient de surtension; χ'' la partie imaginaire de la susceptibilité magnétique complexe de l'échantillon.

La caractéristique du cristal est quadratique en général : le signal transmis à l'amplificateur et à l'oscillographe cathodique est dans ce cas proportionnel à la puissance P.

L'étude de cette formule montre que deux cas limite sont possibles, suivant l'échantillon étudié :

a. Le bruit de fond est négligeable; le signal obtenu est proportionnel à la quantité $\xi Q_0[\alpha(\alpha-1)/(\alpha+1)^3]$ qu'il faut rendre maximum.

b. L'intensité du signal est du même ordre de grandeur que celle du bruit de fond. La grandeur intéressante est alors le rapport signal/bruit qui varie comme $\xi Q_0[(\alpha/\alpha^2-1)]$.

2. Nous avons vérifié expérimentalement ces deux résultats en utilisant, dans le cas *a* un échantillon de 1,1 mg de d. p. p. h. ($2{,}5.10^{-6}$ mole) et dans le cas *b* une trace dosée du même produit (moins de 0,1 mg).

La cavité utilisée doit permettre de modifier le coefficient de couplage. Celle que nous avons construite était rectangulaire, de longueur λ, en laiton, terminée à une extrémité par un piston de court-circuit réglable, et couplée au guide par une plaque de cuivre, d'épaisseur 1 mm, percée au centre d'un diaphragme circulaire, et serrée entre deux brides à piège. Cette plaque était interchangeable, le centrage étant assuré par les vis de fixation des brides.

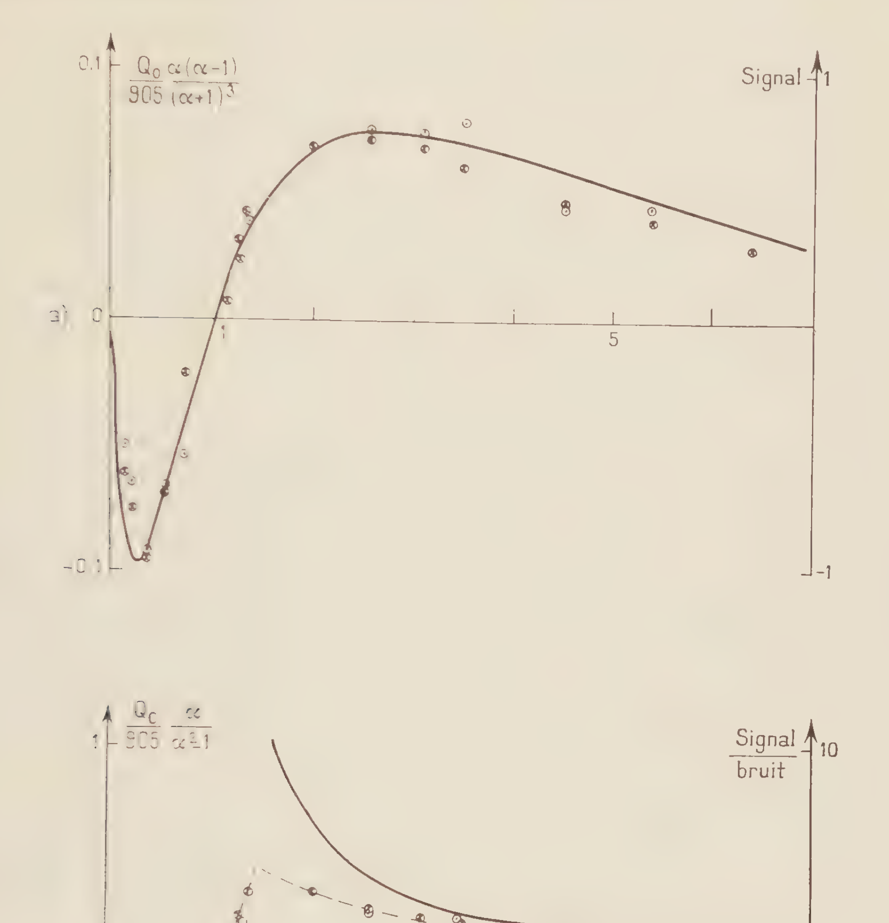
Une ligne de mesure insérée dans le montage nous a permis de déterminer le taux d'onde stationnaire créé dans le guide par la cavité accordée, et par suite de calculer le coefficient de couplage pour chaque valeur du diamètre de l'iris, de 6 à 10 mm; α varie de 0,14 à 6,4.

Le coefficient de surtension a été mesuré en modulant le klystron. La cavité sert alors de discriminateur, et l'on obtient sur l'écran du tube cathodique sa courbe d'absorption. Un ondemètre permet d'étalonner la déviation en fréquence et ainsi de mesurer le coefficient de surtension, qui varie de 905 à 480.

La photographie des oscillogrammes et leur agrandissement dans un rapport

constant permet, d'une part de déterminer la valeur relative de l'intensité du signal (cas *a*), d'autre part de mesurer le rapport signal/bruit (cas *b*).

Nous avons vérifié que le coefficient de remplissage reste constant, à la précision des expériences.



3. *Résultats* — Les courbes *a* et *b* représentent respectivement la variation du signal et du rapport signal/bruit en fonction du coefficient de couplage. Pour chacune de ces courbes, les points expérimentaux sont représentés par

des croix ou des points cerclés suivant qu'ils correspondent au montage avec T magique ou avec coupleur directif. On peut constater un excellent accord entre la théorie et l'expérience. *Les deux montages sont exactement équivalents.* Il y a intérêt dans tous les cas à choisir un coefficient de couplage de l'ordre de $2 - \sqrt{3}$, soit dans le cas de notre montage un diaphragme de 7 mm de diamètre environ.

4. Nous avons voulu vérifier que le système de diaphragme utilisé, ainsi que le piston de court-circuit n'apportent pas une diminution trop forte du coefficient de surtension de la cavité. Pour cela nous avons réalisé différentes cavités de même forme et de même nature, mais comportant un diaphragme soudé, ou un fond soudé. Les valeurs obtenues sont les suivantes, pour un trou de 7 mm : piston de court-circuit et diaphragme variable : 1150 (après mise au point soignée) :

fond soudé, diaphragme soudé : 1 180;

fond soudé, diaphragme variable : 1 490.

Il semble donc que l'utilisation d'un diaphragme de cette construction est recommandable, et que le piston est même meilleur qu'un fond soudé.

La valeur théorique du facteur Q d'une telle cavité est de l'ordre de 3 000 ([4]). Mais en pratique on admet une chute due à l'état de surface, qui peut atteindre 20 %. La différence restante serait due à la présence de l'iris de couplage, et à celle de la substance étudiée et du tube support.

(*) Séance du 30 juin 1958.

([1]) Mlle Berthet, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 57 et *Thèse*, Paris, 1957.

([2]) Uebersfeld, *Thèse*, Paris, 1955.

([3]) Feher, *Bell Syst. J.*, 36, n° 2, p. 449.

([4]) Montgomery, *Technique of microwave measurements.*

(*École Normale Supérieure de Saint-Cloud, Seine-et-Oise et Laboratoire d'électronique BP 9, Fontenay-aux-Roses.*)

PHOTOGRAPHIE. — *Résultats expérimentaux sur la granularité des films photographiques*, Note (*) de M. **Michel Savelli**, présentée par M. Louis de Broglie.

On discute une méthode expérimentale permettant d'obtenir la densité spectrale de la transparence d'un film photographique uniformément impressionné. On est conduit à examiner le rôle de la « tache exploratrice » et à indiquer un procédé permettant l'étude de cette tache. On compare les densités spectrales obtenues avec celles qui seraient déduites de la considération d'un modèle statistique déjà étudié.

1. *Introduction.* — La transparence d'un film photographique près d'un point M s'obtient en faisant le quotient du flux lumineux transmis à travers une certaine plage $\mathcal{A}$, d'aire non nulle, « centrée » sur M et le flux incident

tombant sur cette plage. *La transparence mesurée* $\mathcal{T}_a(M)$ dépend de l'aire $\mathcal{A}$ de la plage. J'appellerai *transparence au point* M, soit T(M), la limite de $\mathcal{T}_a(M)$ lorsque $\mathcal{A} \to 0$. $\mathcal{T}_a$ est la moyenne de T(M) pondérée par la distribution d'intensité $\mathcal{J}$ sur la plage. On a

(1) $$\mathcal{T}_a(\vec{M}) = \frac{1}{B}\int_{\mathcal{A}} \mathcal{J}(\vec{N})\, T(\vec{N} - \vec{M})\, d\vec{N}$$

avec

(2) $$B = \int_{\mathcal{A}} \mathcal{J}(\vec{N})\, d\vec{N},$$

$F(\vec{\Omega})$ étant la transformée de Fourier de $\mathcal{J}(\vec{N})$, les densités spectrales associées

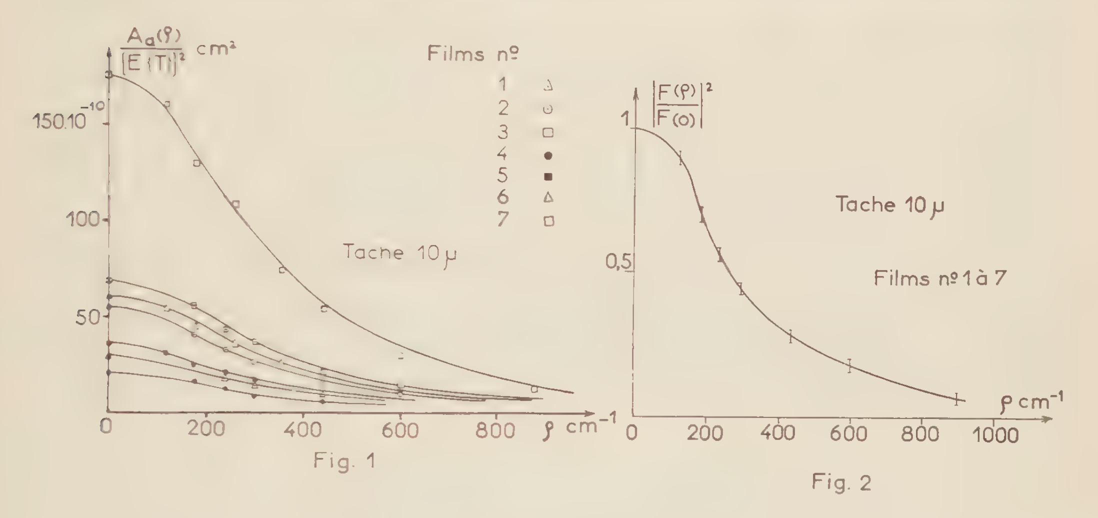


Fig. 1

Fig. 2

aux fonctions aléatoires $\mathcal{T}_a - E\{\mathcal{T}_a\}$ et $T - E\{T\}$ supposées isotropes, sont reliées par la relation $\left[\rho = |\vec{\Omega}|\right]$,

(3) $$A_a(\rho) = \left|\frac{F(\rho)}{F(o)}\right|^2 A(\rho).$$

Pour avoir $A(\rho)$ on détermine expérimentalement $A_a(\rho)$ à partir de la densité spectrale $\psi_a(u)$ correspondant à une exploration unidimensionnelle, à vitesse constante. On utilise pour ce faire la relation (¹)

(4) $$A_a(\rho) = -\frac{1}{\pi}\int_{\rho}^{\infty} \frac{\frac{d\psi_a(u)}{du}}{\sqrt{u^2 - \rho^2}}\, du.$$

La connaissance de $F(\rho)$ est donc fondamentale. Je me propose de discuter ici une méthode de détermination de $|F(\rho)|$ et certains résultats obtenus en l'appliquant.

2. *Étude de la tache d'exploration.* — La méthode que j'ai utilisée pour

obtenir $|F(\rho)|$ repose sur l'exploration par la tache à étudier d'un film dont les dimensions de grains sont suffisamment petites pour qu'il soit possible de considérer que sa densité spectrale $A(\rho)$ est constante et égale à $A(o)$ dans toute la « bande passante » du filtre de gain $F(\rho)$ [2]. S'il en est ainsi, $A_a(\rho)$ est égal dans cette bande passante à $|F(\rho)/F(o)|^2$, au facteur constant

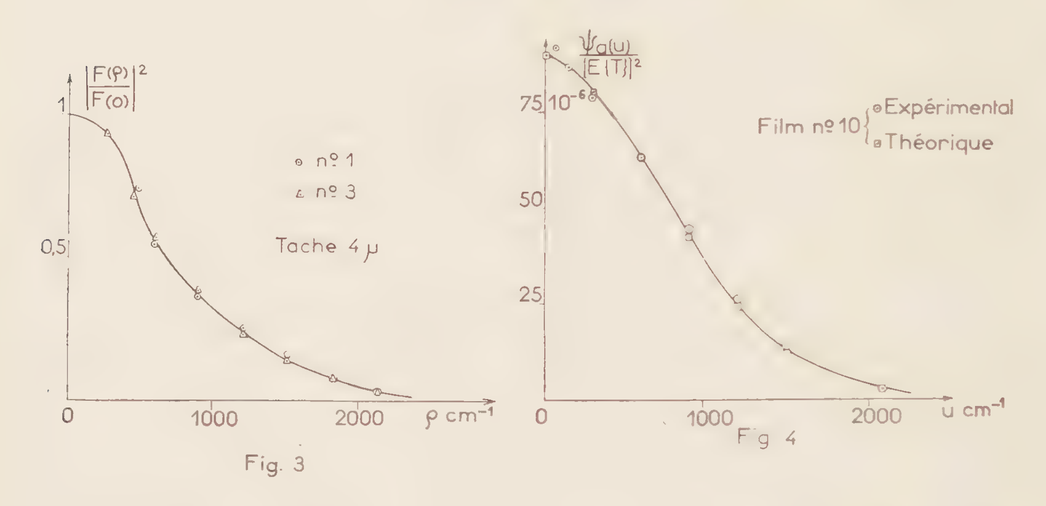


Fig. 3

Fig. 4

près $A(o)$ qui peut être déterminé par ailleurs [3]. En nous plaçant dans le cadre du *modèle statistique* à trois paramètres développé en [4] et [3], on peut prévoir que, pour des cercles C_j de rayons inférieurs à 1 μ, $A(\rho)$ diffère

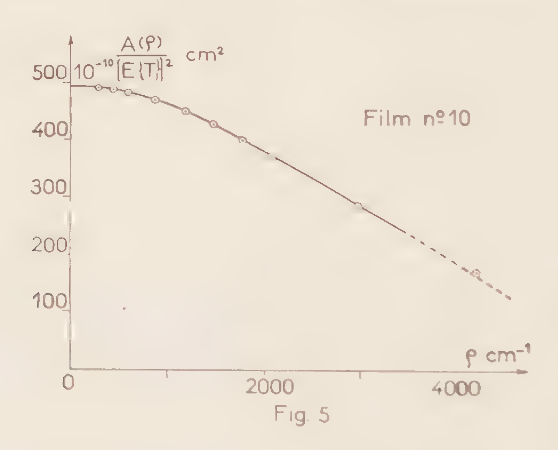


Fig. 5

sûrement de $A(o)$ de moins de 8 % dans l'intervalle $o < \rho < 1000\ \text{cm}^{-1}$. Par conséquent, l'utilisation de tels films doit permettre de connaître $|F(\rho)|^2$, à cette précision, jusqu'à 1 000 cm^{-1}. On peut ainsi espérer connaître toutes les valeurs « utiles » de $|F(\rho)|^2$ pour des taches dont le diamètre est de l'ordre de 10 μ. Avec une telle tache, j'ai étudié les films n°s 1 à 7, cités dans le tableau contenu dans la Note ([illegible]). La figure 1 représente pour ces films les spectres $A_a(\rho)$

obtenus par la transformation ([1]) à partir des densités spectrales $\psi_a(u)$ expérimentales. En rapportant chacune de ces courbes à son ordonnée à l'origine $A_a(o)$, on obtient sur la figure 2, le gain $|F(\rho)/F(o)|^2$ de la tache de 10 μ. Le fait que les courbes ainsi réduites et obtenues pour cette même tache à partir de ces sept films, se superposent, justifie la méthode employée.

3. *Mesure des spectres et comparaison avec le modèle.* — Pour étendre le domaine des fréquences étudiées jusqu'à 2 000 cm⁻¹, j'ai ensuite effectué des mesures avec une tache dont le diamètre est de l'ordre de 4 μ. Seuls les films à grains les plus fins (n°s 1 à 5) de l'ordre du quart de micron peuvent être considérés comme ayant un spectre uniforme dans la « bande » de la tache et utilisés pour déterminer $|F(\rho)/F(o)|^2$. La variation de cette fonction est représentée sur la figure 3.

Pour confronter les résultats expérimentaux avec le modèle statistique proposé en ([3]) et ([4]), j'ai procédé comme suit : en utilisant les valeurs expérimentales de $E\{T\}$, $E\{T\}/h_1$ et r_0 pour un film donné, il est possible de calculer, avec une bonne précision, et d'après le modèle, la fonction $\psi_a(u)/[E\{T\}]^2$. Il ne reste plus qu'à comparer les fonctions $\psi_a(u)/[E\{T\}]^2$ théoriques et expérimentales. La figure 4 montre, par exemple, la bonne coïncidence qui existe entre les deux courbes représentant ces fonctions pour l'émulsion n° 10. La figure 5 représente pour cette émulsion la densité spectrale $A(\rho)/E\{T\}$ correspondante. Ces constatations conduisent à penser que le modèle proposé fournit une représentation assez fidèle des propriétés des émulsions étudiées.

(*) Séance du 16 juin 1958.

([1]) B. Picinbono et M. Savelli, *Optica Acta*, 2, 1955, p. 106.

([2]) H. J. Zweig avait déjà suggéré la possibilité et l'intérêt de cette méthode au cours d'une discussion sur ce sujet.

([3]) M. Savelli, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3605.

([4]) M. Savelli, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1710.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Influence des interactions de dispersion sur les propriétés moléculaires.* Note (*) de M. Louis Galatry, présentée par M. Eugène Darmois.

Il est d'usage courant, en théorie des diélectriques par exemple, d'écrire que le moment dipolaire induit dans une molécule en interaction avec des molécules voisines est proportionnel au champ exercé par celle-ci à l'endroit de la première molécule. La validité de ce procédé est étudiée par un calcul de perturbation qui transpose, à l'échelle intermoléculaire, la notion de potentiel atomique self-consistant.

Soit un système de N molécules en interaction. La fonction d'onde et l'énergie électronique de ce système peuvent se calculer par une méthode de

perturbation utilisant comme fonctions d'onde d'ordre zéro les fonctions d'onde des molécules non perturbées ([1]). Mais on peut simplifier l'expression analytique des termes correctifs en utilisant comme fonctions d'onde d'ordre zéro un produit $\Phi^{(0)}_{(n)}$ de fonctions d'onde monomoléculaires χ_n définies par

$$(\mathcal{H}_n + \mathcal{U}_n)\chi_n = \varepsilon_n \chi_n \qquad (n = 1, 2, \ldots, N), \tag{1}$$

$\mathcal{H}_n$ est l'hamiltonien de la molécule n isolée et $\mathcal{U}_n$ le potentiel d'interaction moyen entre cette molécule et les molécules voisines, elles-mêmes supposées décrites par les fonctions χ_n. On néglige les effets de recouvrement des nuages électroniques. Le système (1) est donc analogue à celui construit par Hartree pour l'étude des atomes ([3]). Il peut se résoudre par itération en prenant pour ordre d'interaction zéro les fonctions d'onde des molécules isolées. On démontre alors ([4]) que, si l'on se restreint aux termes linéaires par rapport aux champs, ce processus d'itération permet de retrouver les moments dipolaires calculés, par itération également, à partir des relations entre valeurs moyennes.

$$\vec{m}_i = \vec{m}_i^0 + \alpha_i \vec{F}_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, N) \tag{2}$$

($\vec{m}_i^0$, moment dipolaire permanent ; α_i, polarisabilité ; $\vec{F}_i$, champ à l'endroit de la molécule i). On établit ainsi que :

Les fonctions χ_n décrivent l'état d'équilibre des nuages électroniques atteint une fois qu'on a tenu compte des effets d'induction mutuelle dus aux dipôles permanents.

Il est aisé de voir que les équations (1) proviennent de la séparation de l'équation d'onde du système total après la suppression du terme perturbateur non séparable : $V = \sum^{N} V_n$ où

$$V_n = \sum_{m>n} \left[\sum_{i_n, j_m}{}' \frac{e^2}{r_{i_n j_m}} - \left(\prod_{m\neq n} \chi_m \middle| \sum_{i_n, j_m} \frac{e^2}{r_{i_n j_m}} \middle| \prod_{m \neq n} \chi_m \right) \right] \tag{3}$$

($r_{i_n j_m}$ est la distance entre le $i^{\text{ième}}$ électron de la $n^{\text{ième}}$ molécule et le $j^{\text{ième}}$ électron de la $n^{\text{ième}}$ molécule, e est la charge de l'électron). Comme l'ensemble des produits de fonctions χ solutions du système (1) ne forme pas une base orthogonale, on prendra pour développer le calcul, avec V comme hamiltonien de perturbation, le système orthogonal défini par :

1° le produit $\Phi^{(0)}_{(0)} = \prod_{n=1}^{N} \chi_n$ des fonctions solutions du système (1) qui s'approche le plus de l'état électronique étudié ; 2° les produits $\Phi^{(0)}_{(m)} = \prod_{n=1}^{N} \chi_n$ des autres fonctions propres définies par les équations (1) *prises séparément*, avec les

mêmes potentiels moyens $\mathfrak{U}_n$ que pour le calcul des χ_n. Ce système sera supposé normé.

Pour simplifier les expressions, il est utile, au lieu de calculer des termes correctifs $\Phi_{(n)}^{(1)}$, $\Phi_{(n)}^{(2)}$, ..., à la fonction d'onde, d'évaluer aux mêmes degrés d'approximation, la densité de probabilité $P[Q]$ d'un opérateur Q ne dépendant que des coordonnées électroniques d'une seule molécule (soit la molécule 1). On a ainsi

$$P[Q] = [P^{(0)} + P^{(1)} + P^{(2)} + \ldots]Q,$$

avec

— *à ordre zéro :*

$$(4) \qquad P^{(0)} = \int \Phi_{(n)}^{(0)*} \Phi_{(n)}^{(0)} \, d\rho_2 \ldots d\rho_N = \chi_1^* \chi_1;$$

— *à ordre* 1 :

$$(5) \qquad P^{(1)} = 2\,\mathcal{R}_e \int \Phi_{(n)}^{(0)*} \Phi_{(n)}^{(1)} \, d\rho_2 \ldots d\rho_N = 0.$$

Ce résultat, qui s'obtient aisément à partir de (3) transpose pour un ensemble de molécules l'annulation des termes adjacents à la diagonale principale du déterminant séculaire en théorie atomique du champ self-consistant [3]. Il est conforme à la définition choisie pour $\mathfrak{U}_n$: $\mathfrak{U}_n$, χ_n et $P^{(0)}$ contiennent déjà les effets multipolaires globaux dus aux molécules voisines. Ce sont les effets de corrélation (qui sont bien du second ordre) qui seront alors susceptibles d'améliorer $P^{(0)}$.

— *au second ordre :*

$$P^{(2)} = 2\,\mathcal{R}_e \int \Phi_{(n)}^{(0)*} \Phi_{(n)}^{(2)} \, d\rho_2 \ldots d\rho_N + \int \Phi_{(n)}^{(1)*} \Phi_{(n)}^{(1)} \, d\rho_2 \ldots d\rho_N.$$

On obtient, tous calculs faits :

$$(6) \qquad P^{(2)} = \sum_q \Bigg[-2\chi_1^* \chi_1 \sum_{\substack{1' \\ q' \neq q}} \frac{|(1'q'|v_{1q}|1q)|^2}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_q - \varepsilon_{1'} - \varepsilon_{q'})^2}$$
$$+ 4\,\mathcal{R}_e \chi_1^* \sum_{1' \neq 1} \chi_{1'} \sum_{\substack{1'' \neq 1 \text{ et } 1' \\ q'' \neq q}} \frac{(1'q|v_{1q}|1''q'')(1''q''|v_{1q}|1q)}{(\varepsilon_1 - \varepsilon_{1'})(\varepsilon_1 + \varepsilon_q - \varepsilon_{1'} - \varepsilon_{q'})}$$
$$+ 2 \sum_{\substack{1' \neq 1 \\ q' \neq q}} \chi_{1'}^* \chi_{1'} \frac{|(1'q'|v_{1q}|1q)|^2}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_q - \varepsilon_{1'} - \varepsilon_{q'})^2}$$
$$+ 2 \sum_{1' \neq 1''} \chi_{1'}^* \chi_{1''} \sum_{q' \neq q} \frac{(1q|v_{1q}|1'q')(1''q'|v_{1q}|1q)}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_q - \varepsilon_{1'} - \varepsilon_{q'})(\varepsilon_1 + \varepsilon_q - \varepsilon_{1''} - \varepsilon_{q'})} \Bigg],$$

avec $v_{1q} = \sum_{i_1, j_q} 1/r_{i_1 j_q}$. On remarquera que cette relation conserve la normalisation de P au second ordre.

Nous appliquerons les relations (4), (5), (6) à l'opérateur moment dipolaire

$\vec{\mu}_1$ de la molécule 1. La valeur moyenne de cet opérateur s'écrit d'après ces relations

$$\vec{M}_1 = \int \vec{\mu}_1 P^{(0)} d\rho_1 + \int \vec{\mu}_1 P^{(2)} d\rho_1 = \vec{m}_1 + \Delta\vec{m}_1.$$

Le premier terme est égal, d'après la proposition soulignée, au moment dipolaire calculé par le système (2). Le second terme est un moment dipolaire supplémentaire, dû à la corrélation des mouvement électroniques entre molécules voisines. On constate d'après la forme de $P^{(2)}$ que ce terme ne rend compte que des interactions entre couples choisis au sein du milieu. On peut calculer $\Delta\vec{m}_1$ dans un modèle simplifié où chaque molécule est représentée par une charge négative $-e'$ oscillant par rapport à une position d'équilibre située à une distance l du centre de gravité des charges positives ($e' l = m_1$). Si l'on prend un ensemble constitué par deux molécules polaires et si l'on néglige la polarisation des molécules pour le calcul des éléments de matrice contenus dans (6), on obtient pour des molécules de BrH en position parallèle et distantes de 3 Å : $|\Delta\vec{m}_1| = 10^{-6}$ debyes.

La petitesse de cet effet justifie l'approximation qui consiste à écrire que le moment dipolaire d'un ensemble de molécules, pour une *configuration et une orientation mutuelle donnée*, est égal à la somme des moments dipolaires portés par chacune des molécules au sein du fluide. On voit par cet exemple que les actions de dispersion n'ont qu'une très faible influence sur la modification de la structure moléculaire dans les milieux denses.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) C'est ce qui a été fait par exemple pour la polarisation dans les gaz (2).

(2) L. Jansen et P. Mazur, *Physica*, 21, 1955, p. 193.

(3) L. Brillouin, *La méthode du champ self-consistent*, Paris, 1933.

(4) L. Galatry, *J. Rech. Laboratoire de Bellevue* (sous presse).

(*Laboratoire des Hautes Pressions du C.N.R.S., Bellevue, Seine-et-Oise.*)

EFFET RAMAN. — *Spectre de diffusion Raman de cristaux d'hydroxyde de lithium monohydraté.* Note (*) de Mlle **Elisabeth Drouard**, transmise par M. Jean Cabannes.

On donne les raies observées dans le spectre Raman de $LiOH\,H_2O$. Les coefficients des tenseurs de polarisabilité dérivés des raies attribuées à la vibration d'allongement OH et aux vibrations de la molécule d'eau s'accordent avec les hypothèses faites sur les positions des atomes d'hydrogène.

L'hydroxyde de lithium monohydraté cristallise dans le système monoclinique; il possède un plan de symétrie perpendiculaire à l'axe binaire. La maille

est déterminée par $a = 7,37$ Å, $b = 8,26$ Å, $c = 3,19$ Å, $\beta = 110^\circ 18'$ (1), (2).

En absorbant par de la soude, à 18°, la vapeur d'eau d'une solution aqueuse saturée de lithine, on a obtenu des cristaux de quelques centimètres cubes présentant des parties limpides, où il a été possible de tailler pour l'étude de la diffusion, un parallélipipède dont les arêtes sont parallèles aux axes de l'ellipsoïde des indices.

Les vibrations actives en Raman sont des vibrations A_g, symétriques par rapport à l'axe binaire OY et par rapport au plan perpendiculaire, polarisées, où $\varepsilon_{XY} = \varepsilon_{YZ} = 0$, et des vibrations B_g antisymétriques par rapport à l'axe et au plan, dépolarisées, où $\varepsilon_{JJ} = \varepsilon_{ZX} = 0$.

L'étude de la diffusion Raman a permis d'observer les raies suivantes :

Nombre d'ondes (cm⁻¹).	Type.	Intensité.	Coefficients.
86,4	Bg	Faible	ε^2_{XY} et ε^2_{YZ} du même ordre de grandeur
118	Bg	»	$\varepsilon^2_{YZ} > \varepsilon^2_{XY}$
143	Ag	Moyenne	$\varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{YY}$ et ε^2_{ZZ}
210	Ag	Moyenne faible	$\varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{XX}$; $\varepsilon^2_{ZZ} \neq 0$
245,5	Bg	Moyenne	$\varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{XZ}$
333?	–	Très faible	Vue une seule fois
365	Bg	Faible	$\varepsilon^2_{YZ} > \varepsilon^2_{XY}$
396	Bg	Moyenne	$\varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{YZ}$
518	Ag	»	ε^2_{XX}, ε^2_{YY} et $\varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{ZZ} \neq 0$
797?	Ag?	Très faible	Vue une fois
840	Bg	Moyenne	$\varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{YZ}$
2678	Ag	»	ε^2_{ZZ} seul grand
Vers 2900	Bg	Bandes larges	$\varepsilon^2_{XY} > \varepsilon^2_{YZ} \neq 0$
	Ag		$\varepsilon^2_{XX} > \varepsilon^2_{YY} > \varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{ZZ}$
3563	Ag	Très forte	$\varepsilon^2_{ZZ} > \varepsilon^2_{ZX} > \varepsilon^2_{XX}$ et ε^2_{YY}

La raie 3 563 cm⁻¹ peut être attribuée à la vibration d'allongement OH, les bandes vers 2 900 cm⁻¹ aux vibrations ν_1 et ν_3 de l'eau.

L'oxygène de OH est situé dans le plan de symétrie perpendiculaire à l'axe binaire ; l'ensemble OH ayant une symétrie cylindrique, l'atome d'hydrogène est vraisemblablement aussi dans le plan de symétrie. Dans ces conditions, on peut calculer entre quelles limites l'orientation de OH peut varier de façon à satisfaire aux relations trouvées pour les intensités des coefficients.

Le tenseur de polarisabilité dérivé relatif au groupe OH considéré isolément, est de la forme

$$\begin{vmatrix} \varepsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_2 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_2 \end{vmatrix}.$$

En prenant ε_1 et ε_2 de même signe : $\varepsilon_1 = \pm 0,43$ et $\varepsilon_2 = \pm 0,095$ et en rapportant le tenseur aux axes du cristal, on ne trouve pas de solution. En prenant ε_1 et ε_2 de signes contraires : $\varepsilon_1 = \pm 0,62$ et $\varepsilon_2 = \mp 0,095$ on a des solutions

correspondant à des intervalles possibles pour la direction de OH, qui comprennent notamment la direction de l'axe $\vec{c}$ de la maille.

On peut faire l'hypothèse : OH parallèle à $\vec{c}$.

Le fait que la fréquence de la vibration soit élevée montre que l'atome d'hydrogène n'est pas attiré particulièrement par un atome proche et est en accord avec l'orientation précédente.

La molécule d'eau ayant un axe binaire et son atome d'oxygène étant placé sur un axe binaire du cristal, il est vraisemblable que les deux axes binaires sont confondus. Dans ce cas, en supposant que les atomes d'hydrogène sont attirés par les atomes d'oxygène proches, on trouve un angle $\widehat{HOH}$ de 99° 10'.

En prenant les coefficients du tenseur de polarisabilité dérivé de OH pour H_2O égaux à $\pm 0,43$ et $\mp 0,095$, on trouve pour les coefficients du tenseur de polarisabilité dérivé de la molécule d'eau $\varepsilon_{UU} = \pm 0,47$, $\varepsilon_{VV} = \pm 0,58$, $\varepsilon_{WW} = \pm 0,19$, $\varepsilon_{UV} = \pm 0,33$. Les axes U, V, W, sont choisis de façon que l'axe V soit la bissectrice intérieure de l'angle $\widehat{HOH}$, l'axe V la bissectrice extérieure et l'axe W la perpendiculaire au plan de la molécule. Cela donne par rapport aux axes du cristal : $\varepsilon_{XX} = 0,56$, $\varepsilon_{YY} = 0,47$, $\varepsilon_{ZZ} = 0,21$, $\varepsilon_{ZX} = 0,10$. En prenant $\varepsilon_1 = \pm 0,62$ et $\varepsilon_2 = \pm 0,095$ on a $\varepsilon_{UU} = \pm 0,41$, $\varepsilon_{VV} = \pm 0,64$, $\varepsilon_{WW} = \pm 0,19$, $\varepsilon_{UV} = \pm 0,71$, d'où $\varepsilon_{XX} = 0,59$, $\varepsilon_{YY} = 0,41$, $\varepsilon_{ZZ} = -0,14$, $\varepsilon_{ZX} = -0,20$.

Comme pour le groupe OH, c'est dans le second cas seulement que l'ordre des coefficients correspond à ce qu'on a observé.

Pour la raie antisymétrique, on a bien $\varepsilon_{YX}^2 > \varepsilon_{YZ}^2$.

La même orientation des OH avait été proposée par Mlle Rabaud et Gay après l'étude aux rayons X.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) Groth, *Chem. Kristallogr.*, 1, 1906, p. 604.

(2) R. Pepinski, *Z. Kristallogr.*, A 102, 1940, p. 119-131.

RAYONS COSMIQUES. — *Possibilités de prévision des phénomènes solaires et de leurs répercussions sur le globe par l'étude de l'intensité du rayonnement cosmique.* Note (*) de M. **Jean-Pierre Legrand**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les enregistrements de l'intensité du rayonnement cosmique effectués du 12 avril 1957 au 31 mars 1958 nous ont permis de mettre en évidence plusieurs orages de rayons cosmiques. Nous avons constaté que ces orages étaient précédés par un décrochement du niveau de l'intensité cosmique,

de l'ordre de 1 à 3 % *par rapport au niveau normal*, se poursuivant durant 3 à 5 jours (*fig.* 1 et 2).

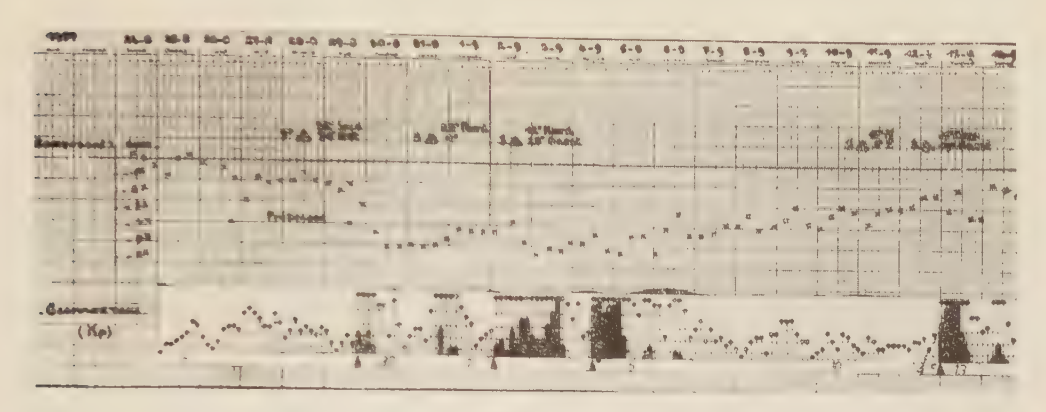


Fig. 1.

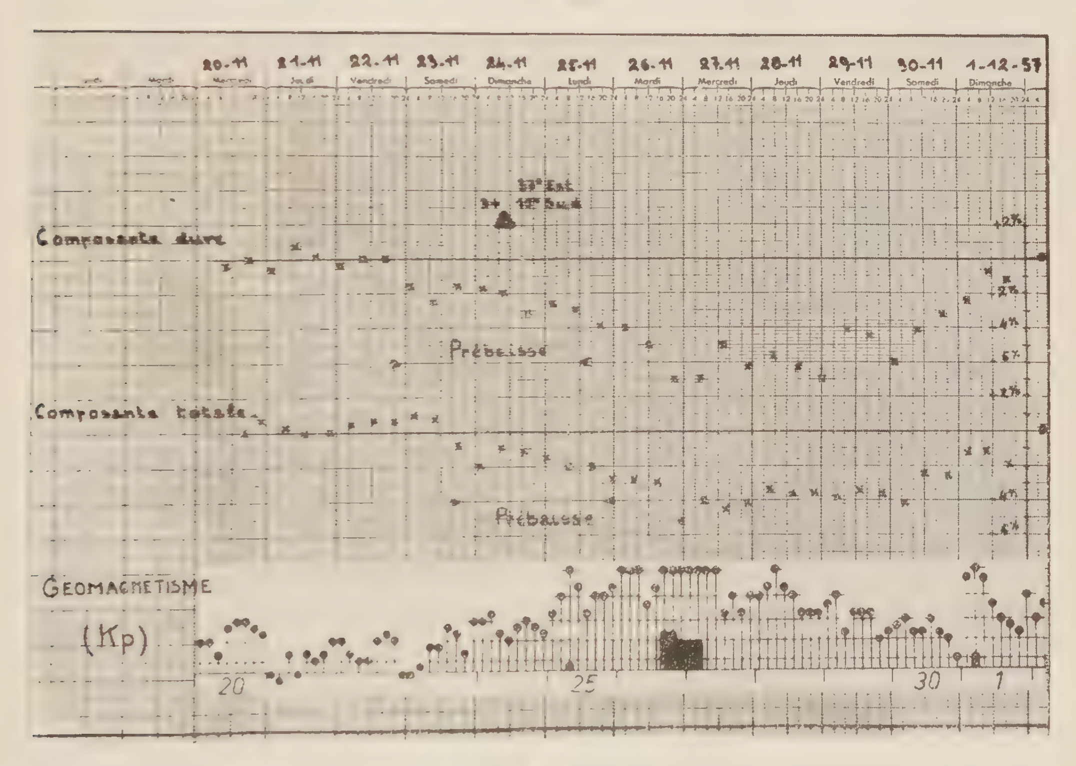


Fig. 2.

Ce décrochement que nous appellerons un « début de pré-baisse » devance, en général, de 24 à 48 h les éruptions chromosphériques suivies de perturbations géomagnétiques et ionosphériques. Ce début de pré-baisse coïncide avec l'apparition de l'activité radioélectrique solaire ou la précède de 24 à 48 h.

L'appareillage utilisé à Issy-les-Moulineaux du 12 avril au 6 novembre 1957 comprenait un télescope à rayons cosmiques composé de trois nappes de six compteurs G. M. (120" × 120") montées en triple coïncidence. Ce télescope détecta la composante totale du rayonnement cosmique du 12 avril au 28 mai 1957, puis la composante dure du 28 mai au 5 novembre 1957. En octobre 1957, nous avons installé à Limeil-Brévannes (Seine-et-Oise) deux télescopes : l'un constitué par trois nappes de sept compteurs G. M. (130" × 130") sans aucun blindage détectant ainsi la composante totale, l'autre constitué par trois nappes de cinq compteurs G. M. (50" × 110") blindé par 10 cm de plomb détectant ainsi la composante dure. L'enregistrement du nombre d'impulsions se fait à l'aide d'une horloge imprimeuse inscrivant l'heure toutes les N impulsions. Afin de mettre en évidence le phénomène de pré-baisse, nous intégrons les résultats donnés par dix enregistrements. Chaque point de la courbe ainsi tracée représente le niveau moyen de l'intensité cosmique, corrigé de l'effet barométrique, pour une période d'environ 8 h.

Le tableau I nous donne le taux de comptage moyen des différents télescopes.

TABLEAU I.

Dates.	Composantes.	N.	t (mn).	N/mn (c/mn).	ΣN.	$\frac{\sqrt{\Sigma N}}{\Sigma N}$ (%).
12 avril au 28 mai 1957.......	Totale	8 192	30	273	81 920	0,35
28 mai au 5 novembre »	Dure	8 192	40	205	81 920	0,35
1er nov. 1957 au 31 mars 1958......	Totale	10 000	44	227	100 000	0,32
	Dure	4 096	47	87	40 960	0,5

Nous donnons dans le tableau II une récapitulation des pré-baisses et des orages cosmiques qui se produisirent du 12 avril 1957 au 31 mars 1958 ainsi que des phénomènes solaires et géomagnétiques remarquables qui eurent lieu durant ces périodes de perturbations de l'intensité cosmique.

Les éruptions chromosphériques données dans ce tableau sont celles pour lesquelles, à Bagneux, M. Lepineux a établi une corrélation avec les phénomènes géomagnétiques et ionosphériques, à l'occasion de l'Année Géophysique (4).

L'examen du tableau II nous permet de faire plusieurs constatations :

1° Sept débuts de pré-baisse précèdent au minimum de 24 h la première des éruptions chromosphériques suivie de phénomènes géomagnétiques (exception faite pour le cas du 18 septembre 1957);

2° Sept débuts de pré-baisse coïncident avec l'augmentation du bruit radioélectrique solaire sur 200 Mc/s et quatre autres la précèdent de 24 à 48 h;

3° Certaines pré-baisses et certains orages cosmiques ne sont accompagnés d'aucun phénomène géomagnétique remarquable, mais correspondent

toujours à une activité solaire, tant optique que radioélectrique (200, 600 et 3 000 Mc/s).

TABLEAU II

Débuts pré-baisse C. totale	Débuts pré-baisse C. dure	Montée du 200Mc/s (1)	Eruptions chromosphériques	Orages cosmiques	Agitations géomagn. (2)	Retour niveau normal	Observations
13.4.57		17.4.	17.4. N 12° E 70° 3^+	17.4	17.4. 19.4.	28.4.	
	18-19.6.	18.6.	24.6. N 22° W 14° 3 28.6. N 09° E 28° 3 30.6. N 09° W 03° 2+ 3.7. N 10° W 39° 3	30.6.	26.6. 30.6. 2.7. 5.7.	10.7.	
	29.7.			4.8.		12.8.	Ces deux débuts de pré-baisse sont récurrents (27-28 jours)
	26.8.	28.8.	[illegible].8. S 30° E 30° 3^+ 31.8. N 25° [illegible]0° 3 2.9. N 12° W 28° 3 11.9. N 17° E 03° 3 12.9. N 11° W 19° 3	29.8	[illegible].8. 2.9. 4.9. 13.9. 14.9.	17.9.	
	18.9.	18.9.	18.9. N 21° E 03° 3^+ 21.[illegible] N 10° W 10° 3 26.9. N 20° E 15° 3	21-22.9	21.9. 22.9. 29.9.	13.10	Le début de pré-baisse suit de quelques heures la première éruption chromosphérique
	17-19.10	20.10.	20.10 S 26° W 35° 3^+	22.10	(a)	2.11	(a) Impulsion brusque le 21.10.
	4.11	4.11	Phenomène radioelectrique excep^{el}.(3)		6.11	5.11	
23.11	23.11	24.11	24.11 S 15° E 37° 3^+	26.11	26.11	2.12	
18.12	18.12	18.12				23.12	
6.2.58	7.2.	6.2.	9.2. S 11° W 14° 2^+	11.2.	11.2.	18.2.	
26.2.	27.2.	26.2.		3.3.	3.3. (b)	7.3.	(b) Début brusque non suivi d'effet.
21.3	2[illegible]3.	23.3.	23.3. S 14° E 75° +	25.3.	25.3. (c)	31.3.	(c) Début brusque non suivi d'effet.

Il faut préciser qu'il ne se produisit jamais de phénomènes solaires importants suivis de *fortes* perturbations géomagnétiques, en dehors de ces périodes de pré-baisses et d'orages cosmiques. Nous sommes donc amenés à penser que l'apparition sur le Soleil d'un centre ou d'un groupe de centres ayant atteint un certain degré d'activité serait à l'origine du phénomène de pré-baisse. Il est encore trop tôt pour interpréter ce phénomène, mais, dès à présent, il apporte un élément important aux prévisions géophysiques, car il caractérise nettement un état d'alerte.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) *Monthly Bulletin*, avril 1957 à mars 1958 (Netherlands); Renseignements communiqués par le Service Solaire de l'Observatoire de Uccle, Belgique; *Solar Geophysical Data*, C. R. P. L., F 153 à F 164; *Ionospheric Date in Japan*, avril 1957 à janvier 1958.

(2) *Planetary Magnetic*, *Three-hour-Range Indices* (K_p).

(3) *Nature*, n° 4 608, 22 février 1958, p. 542-543.

(4) M. Lepineux, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 109.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du pH sur l'adsorption d'amines aliphatiques normales par la montmorillonite*-H. Note (*) de Mlle **Odette Sieskind** et M. **Raymond Wey**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'adsorption d'amines par la montmorillonite a fait l'objet de nombreuses études ([1]), ([2]), ([3]), ([4]). Les amines sont fixées par l'argile sous forme de cations difficilement échangeables. Le rôle du pH dans cette réaction n'était pas connu.

Nous avons essayé de mettre en évidence ce facteur en déterminant les isothermes d'adsorption à 20° de la butylamine par la montmorillonite-H à deux pH très différents.

La montmorillonite-H utilisée est préparée par électrodialyse d'une argile de Camp-Berteau (Maroc).

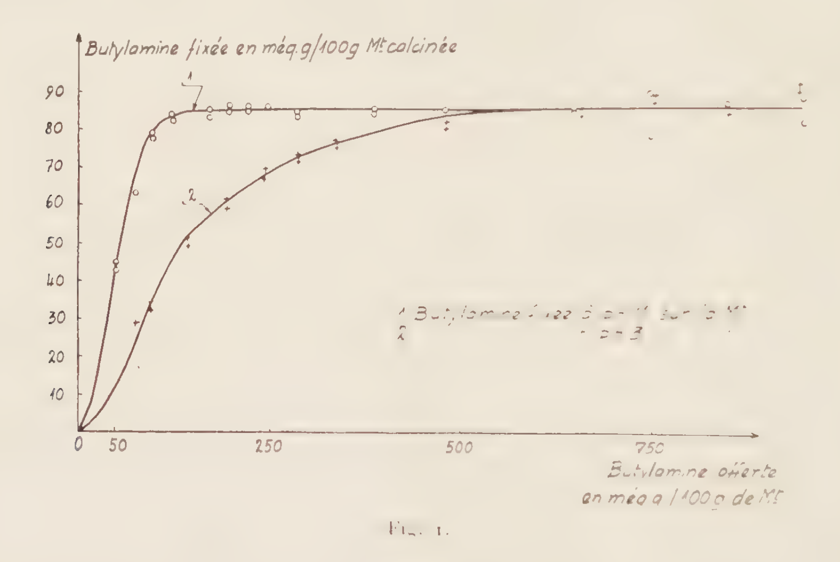


Fig. 1.

A un poids constant (0,2 g) de montmorillonite-H on ajoute à volume constant des quantités croissantes de butylamine, soit sous forme de chlorhydrate additionné d'acide chlorhydrique pour maintenir le pH égal à 3, soit sous forme de base libre (pH 11). On agite la suspension obtenue pendant 20 h, on centrifuge; les culots de centrifugation sont lavés à plusieurs reprises à l'eau distillée pour éliminer toute trace d'amine non fixée sur l'argile, puis séchés à 70°. La teneur en azote des complexes aminés est déterminée par un microdosage Kjeldahl sur l'argile même ([5]).

Les résultats obtenus sont représentés par les courbes de la figure 1. Les quantités de base fixées (en ordonnée) et celles qui ont été offertes (en abscisse) sont exprimées en milliéquivalent-gramme par 100 g de montmorillonite calcinée. Les deux isothermes à pH 3 et pH 11 admettent

une même asymptote d'ordonnée 85 méquiv.-g. La capacité d'échange de cation de l'argile est donc indépendante du pH. Aux faibles concentrations toutefois, les deux courbes sont différentes; à pH 3 la réaction est moins complète qu'à pH 11 où la teneur en ions H^+ est faible, ce qui s'explique aisément par une réaction équilibrée :

$$\text{Mt-H} + \text{Butylamine} \underset{}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} \text{Mt Butylamine} + H^+.$$

Pour une même concentration en butylamine (par exemple : 250 méquiv.-g) la réaction sera d'autant plus complète dans le sens 1 que la concentration en ions H^+ sera plus faible.

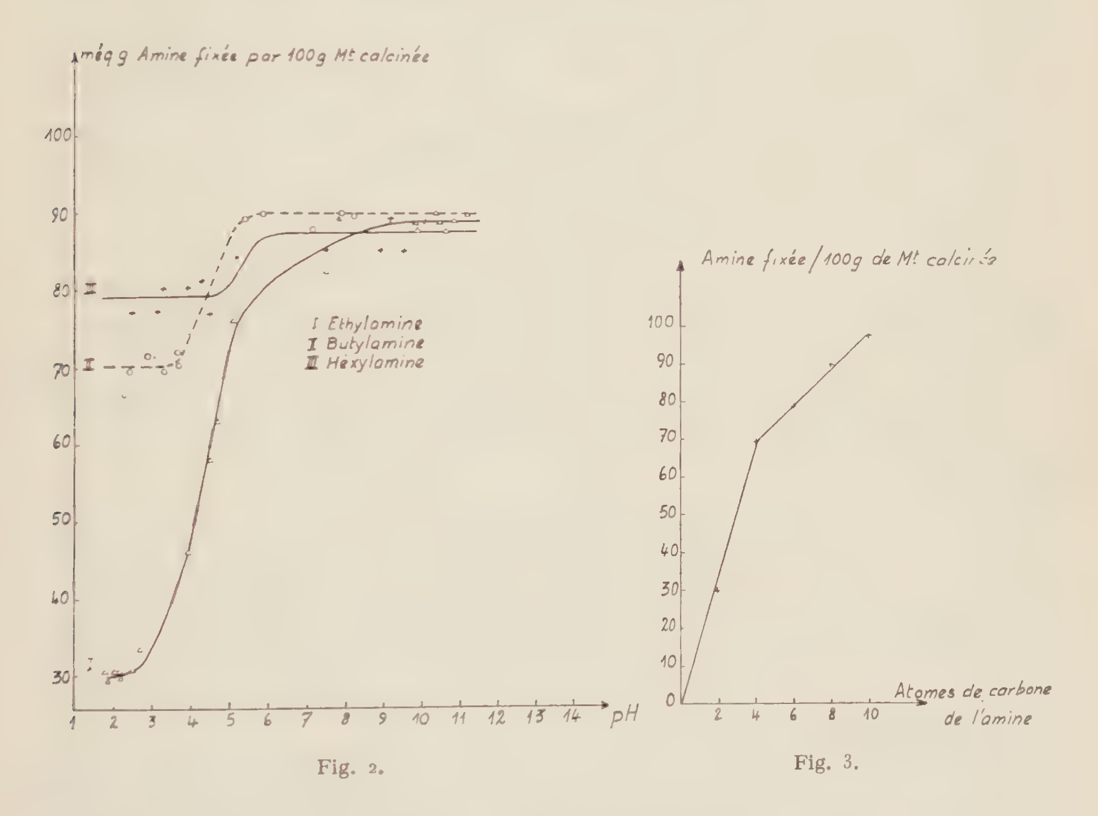


Fig. 2. Fig. 3.

Nous avons ensuite procédé à une série d'expériences où l'on maintenait fixe la quantité d'amine offerte (250 méquiv-g d'amine par 100 g de montmorillonite calcinée), mais où l'on faisait varier le pH d'une manière continue. Ces essais ont été faits avec les amines aliphatiques normales en C_2, C_4, C_6 dont la basicité est pratiquement la même ($K_b = 10^{-4}$). Les résultats sont reproduits sur la figure 2. L'influence du pH ne se manifeste pas d'une manière continue. On constate pour chaque amine l'existence de deux paliers d'adsorption, l'un en milieu acide, l'autre en milieu alcalin. Les paliers d'adsorption en milieu alcalin sont pratique-

ment confondus et leur ordonnée a pour valeur la capacité d'échange de base de l'argile. En milieu acide les amines sont fixées en quantité d'autant plus grande que leur poids moléculaire est élevé.

Nous avons complété ce travail en étudiant l'adsorption des amines en C_8 et C_{10}, solubles uniquement en milieu acide. Les variations de la quantité d'amine fixée pour des pH compris entre 2 et 4 en fonction du nombre d'atome de carbone de l'amine sont représentées par la figure 3. L'amine en C_{10} se fixe en quantités supérieures à la capacité d'échange de base.

Pour interpréter les faits observés il fallait connaître la place occupée par les amines dans l'édifice de la montmorillonite. Pour cela on a étudié les diagrammes de rayons X donnés par les divers complexes aminés. Cette étude a été facilitée par le fait qu'il est possible de préparer ces complexes sous forme d'aggrégats orientés dont les diagrammes de rayons X ne contiennent que les réflexions $00l$. On constate que ce diagramme ne varie pas en fonction du degré d'humidité du milieu. Contrairement au spectre obtenu dans les mêmes conditions avec des plaquettes orientées de montmorillonite-H, les différentes raies ($00l$) admettent pour l des nombres successifs entiers ($l = 1, 2, \ldots, 5$). On peut donc en déduire la période d_{001} qui est égale à 13,3 Å pour tous les complexes « montmorillonite-amine ». On en déduit que les chaînes des amines sont orientées parallèlement aux feuillets; l'écart entre deux feuillets de montmorillonite est égal à 3,7 Å, compatible avec le diamètre de Van der Waals du groupement méthyle ([5]).

Si les forces coulombiennes agissaient seules, les amines qui ont des basicités comparables, devraient s'adsorber toutes de la même manière lors de la réaction d'échange en milieu acide. On ne peut expliquer leur différence de comportement en milieu acide qu'en attribuant le phénomène d'adsorption à l'action simultanée de forces coulombiennes et de forces de Van der Waals. Cette hypothèse permet d'attribuer aux forces de Van der Waals l'excès de l'amine en C_{10} fixée.

Il résulte de ce travail qu'on peut comparer la série des amines aliphatiques normales et celle des cations minéraux classés par ordre de facilité d'adsorption croissante sur la montmorillonite. Dans les deux cas, les cations les plus lourds se fixent de préférence.

(*) Séance du 23 juin 1958.

(1) J. E. Gieseking, *Soil Science*, U. S. A., 47, 1939, p. 14.

(2) R. E. Grim, W. H. Allaway et F. L. Cuthbert, *J. Amer. Ceram. Soc.*, 30, 1947, p. 137.

(3) A. Haxaire, *Thèse Doct. Pharmacie*, Nancy, 1956.

(4) S. B. Hendricks, *J. Phys. Chem.*, U. S. A., 45, 1941, p. 65.

(5) J. W. Jordan, *J. Phys. Colloid Chem.*, U. S. A., 53, 1949, p. 294.

(6) A. Steyermark, *Quantitative Organic Microanalysis*, 1951, p. 134.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constantes de formation des complexes de la valine avec le cadmium et le zinc.* Note de Mlles **Simonne Pelletier** et **Marguerite Quintin**, présentée par M. Georges Chaudron.

Étude potentiométrique des mélanges nitrate de cadmium-valine et nitrate de zinc-valine.

Mise en œuvre d'une méthode d'extrapolation qui permet d'atteindre les constantes de formation des différents complexes qui sont : pour la valine et le cadmium $\log K'_1 = 3{,}80$, $\log K'_2 = 7{,}13$, pour la valine et le zinc $\log K'_1 = 4{,}67$, $\log K'_2 = 8{,}97$.

Lorsque plusieurs complexes coexistent dans une solution, il est possible d'atteindre leurs constantes de formation grâce à une méthode d'extrapolation mise au point précédemment [1].

Si l'on désigne par M^{++} l'ion métallique qui se complexe avec le groupement R^- de la valine, les réactions d'équilibre sont :

$$M^{++} + R^- \rightleftharpoons MR^+,$$
$$M^{++} + 2R^- \rightleftharpoons MR_2.$$

Il n'y a pas lieu d'envisager d'autres complexes car la coordinance du cadmium et du zinc est vraisemblablement 4 et le groupement R^- de la valine est un groupement bidentate.

Les constantes apparentes d'équilibre correspondant à ces réactions sont :

$$K'_1 = \frac{(MR^+)}{(M^{++})(R^-)}, \qquad K'_2 = \frac{(MR_2)}{(M^{++})(R^-)^2},$$

où les quantités ( ) représentent les concentrations.

On mesure la f. é. m. E_I et E_{II} des deux chaînes suivantes :

I. $-M(Hg)/(1-x)\,cm^3\, M(NO_3)_2\, a$, dans $KNO_3\, c$, $+ x\, cm^3\, KNO_3\, c$//KCl sat. Hg_2Cl_2/Hg^+;
II. $-M(Hg)/|(1-x)\,cm^3\, M(NO_3)_2\, a$, $+ x\, cm^3$ valine a| dans $KNO_3\, c$//KCl sat. Hg_2Cl_2/Hg^+.

Chaque solution a été faite en présence de $KNO_3\, c$ $(c \geqslant a)$ de façon à assurer la constance de la force ionique μ des mélanges constitués ; de plus le pH a été ajusté à la valeur désirée par addition de quelques gouttes d'acide ou de base.

La concentration des ions (Cd^{++}) est donnée par :

$$\log \frac{(M^{++})}{a(1-x)} = \frac{E_I - E_{II}}{\dfrac{2{,}3RT}{\mathcal{F}}}.$$

On peut écrire encore, en négligeant, étant donné le pH des solutions, la concentration des ions R^+ de la valine

$$ax = (R^-)\left(1 + \frac{[H^+]}{K'_A}\right) + (MR_1^+) + 2(MR_2)$$
$$a(1-x) = (M^{++}) + (MR_1^+) + (MR_2)$$

K'_A étant la constante de dissociation du groupe $-NH_3$ de la valine, déterminée par titrage de solution de valine en présence de KNO_3 c, et $[H^+]$ l'activité des ions H^+.

On calcule pour chaque valeur de x la quantité

$$\Lambda = \frac{(M_{comb})}{(M^{++})\,(ax - M_{comb})}.$$

On démontre aisément qu'on a

$$\text{limite } \Lambda_{x \to 0} = \frac{K'_1}{1 + \dfrac{[H^+]}{K'_A}},$$

$$\text{limite } \Lambda_{x \to 1} = \frac{K'_1}{1 + \dfrac{[H^+]}{K'_A}} + K'_2 \frac{a}{\left(1 + \dfrac{[H^+]}{K'_A}\right)}.$$

Les résultats obtenus sont les suivants :

	Cd-valine.	Zn-valine.	
$\log K'_1$	3,80	4,67	$t = 25^\circ$ C, $\mu \simeq 4$ M.
$\log K'_2$	7,13	8,97	

La comparaison de ces valeurs avec celles trouvées dans la littérature [2], [3] n'est pas très significative, les conditions de force ionique n'étant pas toujours indiquées.

Les constantes des complexes de la valine avec le zinc et le cadmium ne sont pas très différentes les unes des autres si bien que dans un mélange : sel de cadmium, sel de zinc et valine il doit y avoir compétition entre les deux sortes de complexes.

(1) M. Quintin et S. Pelletier, *J. de Chim. Phys.*, 54, 1956, p. 226.
(2) D. J. Perkins, *Biochem. J.*, 51, 1952, p. 487; 55, 1953, p. 649.
(3) L. E. Maley et D. P. Mellor, *Nature*, 165, 1950, p. 453.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une interprétation du transport par voie électrolytique de détergents en milieu hydrocarbure.* Note (*) de M. **Bernard Bernelin**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans une Note précédente (1) nous avons décrit comment certains corps, utilisés comme détergents en milieu hydrocarbure, pouvaient présenter dans ce milieu un phénomène de transport par voie électrolytique. Si nous considérons les résultats obtenus avec un détergent commercial au calcium, dans notre cellule électrolytique, nous constatons des variations de teneur en calcium dans les différents compartiments, hors proportion avec la quantité d'électricité utilisée.

Ces phénomènes s'interprètent facilement si l'on adopte la conception des colloïdes ioniques de Duclaux. Le colloïde étant constitué de motifs colloïdaux élémentaires ioniques, identiques ou non, chaque motif élémentaire possède un ion actif d'électrovalence moyenne ν qui, sous l'influence du courant électrique assure le transport du motif colloïdal élémentaire. De même les molécules du détergent en solution dans les hydrocarbures seraient associées et formeraient un système colloïdal, chaque groupement de molécules étant en partie ionisé. Nous pensons que cette ionisation provient d'une dissociation partielle du détergent.

Un détergent commercial n'étant pas un corps pur il nous est impossible de donner la formule du colloïde; cependant nous pouvons calculer le nombre moyen d'atomes de calcium transportés par cation actif dans l'électrolyse.

Les résultats expérimentaux montrent, en effet, que les cations transportent sinon la totalité, du moins la majorité du calcium. Examinons chaque compartiment, sachant que durant l'électrolyse :

— les cations ont transporté P faradays de l'anode à la cathode et les anions ont transporté Q faradays de la cathode à l'anode;

— les cations ont pour électrovalence moyenne ν_+;

— le métal du détergent a un poids atomique égal à $\mathcal{A}$.

1° *Compartiment cathodique.* — Les deux compartiments fictifs C_1 et C_2 présentent après électrolyse une variation en poids de métal Δp_{C_1} et Δp_{C_2}.

Dans le compartiment C_2 il s'est rassemblé par ruissellement $\Delta p_{C_2}/\mathcal{A}$ atomes-grammes de métal transportés par $(P + Q)\,\nu_+$ équivalents-grammes du cation. Il en résulte que 1 équiv-g du cation transporte en moyenne :

$$n = \frac{\Delta p_{C_2}}{\mathcal{A}} \frac{\nu_+}{P + Q} \quad \text{atomes-grammes de métal.}$$

Dans le compartiment C_1 il disparaît $[(P + Q)/\nu_+]\,n\mathcal{A}$ atomes-grammes de métal qui ruissellent dans C_2 et il arrive $(P/\nu_+)\,n\mathcal{A}$ atomes-grammes du métal venant de l'anode. Soit au total il disparait $(Q/\nu_+)\,n\mathcal{A}$ atomes-grammes de métal, donc

$$Q = \frac{\Delta p_{C_1}}{\Delta p_{C_2}} (P + Q).$$

2° *Compartiment anodique.* — Dans l'ensemble du compartiment anodique il disparaît $Pn\mathcal{A}/\nu_+$ atomes-grammes de métal qui vont vers la cathode. La variation de poids trouvé $(\Delta p_{A_1} + \Delta p_{A_2})$ donne la valeur de P,

$$P = \frac{(\Delta p_{A_1} + \Delta p_{A_2})}{\Delta p_{C_2}} (P + Q).$$

Avec les résultats expérimentaux donnés dans une Note précédente [1] on

trouve

$$n = 41\,\nu_+,$$
$$P = 140.10^{-7}\,F,$$
$$Q = 20.10^{-7}\,F.$$

Ces calculs supposent :

1° que les ions ne sont pas solvatés. Une correction des valeurs expérimentales, mais non du principe des calculs, serait nécessaire pour tenir compte d'une solvatation éventuelle ;

2° une délimitation parfaite des compartiments fictifs. Pratiquement une légère erreur sera toujours commise au moment de leur vidage ;

3° que la diffusion entre les deux compartiments C_1 et C_2 est faible :

4° que la quantité P/ν_+ qui arrive de l'anode reste localisée dans C_2.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 3637.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Détermination des coefficients de diffusion et étude de l'effet Kirkendall sur le couple uranium-titane.* Note (*) de MM. **Yves Adda** et **Jean Philibert**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous avons établi les courbes concentration-pénétration dans le couple de diffusion U-Ti entre 950 et 1075° C et déterminé ainsi le coefficient de diffusion chimique en fonction de la concentration. Nous avons également étudié quantitativement l'effet Kirkendall et calculé les coefficients de diffusion intrinsèques de l'uranium et du titane.

A la suite de travaux antérieurs relatifs à la diffusion dans les systèmes U-Zr et U-Mo (1), nous avons étudié le système U-Ti. Les couples de diffusion sont préparés, suivant une technique déjà décrite, par soudage sous forte pression à 600° de plaquettes d'uranium et de titane (2). Les traitements thermiques sont effectués sous un vide inférieur à 5.10^{-6} mm à des températures comprises entre 950 et 1075° C.

Après l'examen métallographique de sections perpendiculaires au front de diffusion, les courbes concentration-pénétration sont établies par analyse ponctuelle au moyen du microanalyseur à sonde électronique en utilisant les raies $K\alpha_1$ du titane et $L\alpha_1$ de l'uranium. Ces courbes nous ont permis de calculer le coefficient de diffusion chimique $\tilde{D}$ au moyen de la méthode de Matano. Les valeurs du coefficient $\tilde{D}$ sont portées dans le tableau I ainsi que sur la figure 1 pour des concentrations atomiques en uranium N_U comprises entre 0,5 et 0,90.

TABLEAU I.

Conc. at. N_U.	$\tilde{D}$ ($cm^2.s^{-1}$) 950°.	1000°.	1050.	1075°.	Q (kcal/at-g).	D_0 ($cm^2.s^{-1}$).
0,05...	$1,7.10^{-9}$	$2,6.10^{-9}$	$4,5.10^{-9}$	$5,7.10^{-9}$	30,2	$4,6.10^{-4}$
0,1....	1,0 »	1,6 »	3,1 »	3,4 »	33,8	$1,1.10^{-3}$
0,2....	$4,6.10^{-10}$	$7,1.10^{-10}$	1,3 »	1,9 »	37,5	2,2 »
0,3....	2,3 »	3,7 »	$8,9.10^{-10}$	1,1 »	39,4	2,6 »
0,4....	2,7 »	4,2 »	8,6 »	1,2 »	39,4	2,6 »
0,5....	2,9 »	4,6 »	$1,1.10^{-9}$	1,5 »	42	9,5 »
0,6....	6,2 »	8,6 »	1,7 »	2,6 »	38,4	4 »
0,7....	$1,1.10^{-9}$	$1,5.10^{-9}$	3,1 »	4,1 »	34,8	1,6 »
0,8....	1,9 »	2,8 »	5,5 »	6,5 »	33	1,4 »
0,9....	3,4 »	5,4 »	$1,2.10^{-8}$	$1,25.10^{-8}$	35,6	$1,1.10^{-2}$

On constate que, à toutes les températures, $\tilde{D}$ passe par un minimum en fonction de la concentration N_U. La forme des courbes $\tilde{D}(N_U)$ est entièrement analogue à celles que nous avions déterminées dans le couple U-Zr, mais généralement pour une même température et une même concentration, le coefficient $\tilde{D}$ est supérieur dans le cas du couple U-Ti.

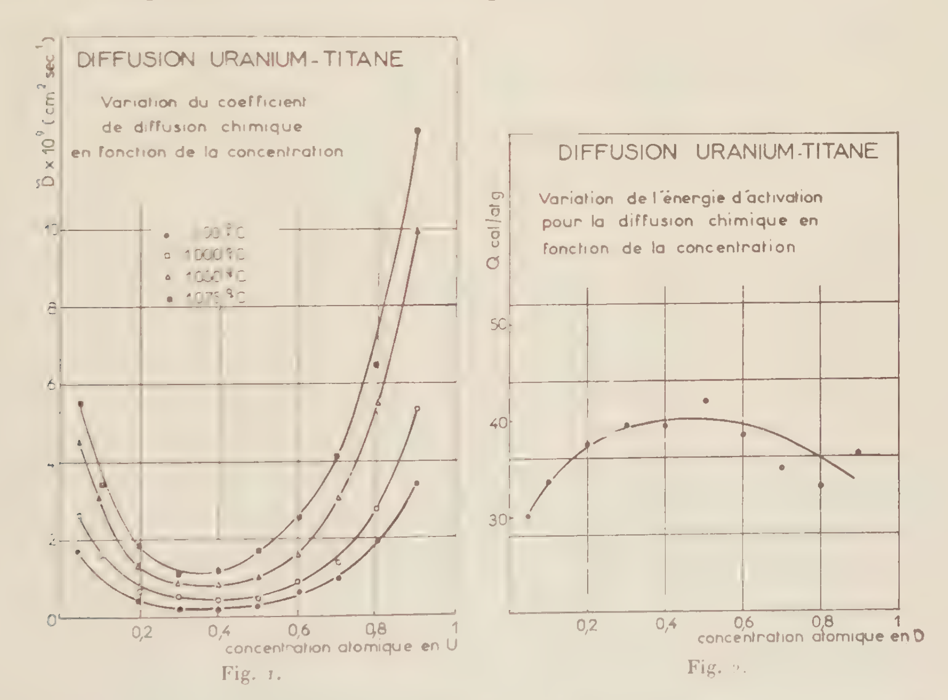


Fig. 1.

Fig. 2.

Nous avons de plus déterminé l'énergie d'activation Q pour la diffusion chimique. Le tableau I et la figure 2 montrent qu'en fonction de la concentration, Q varie en passant par un maximum voisin de 40 kcal/at-g pour $N_U \simeq 0,50$.

D'autre part, bien que nous n'ayons observé que très rarement des pores dans la zone de diffusion, nous avons trouvé un effet Kirkendall très net ; il est d'importance inférieure à ce que nous avions observé dans le système U-Zr, comme le montrent les valeurs des déplacements x_i de l'interface repéré au moyen de fils de tungstène ([3]). Ceux-ci varient bien à chaque température, comme la racine carrée de la durée de diffusion $\sqrt{t}$ (*fig.* 3). Ils peuvent

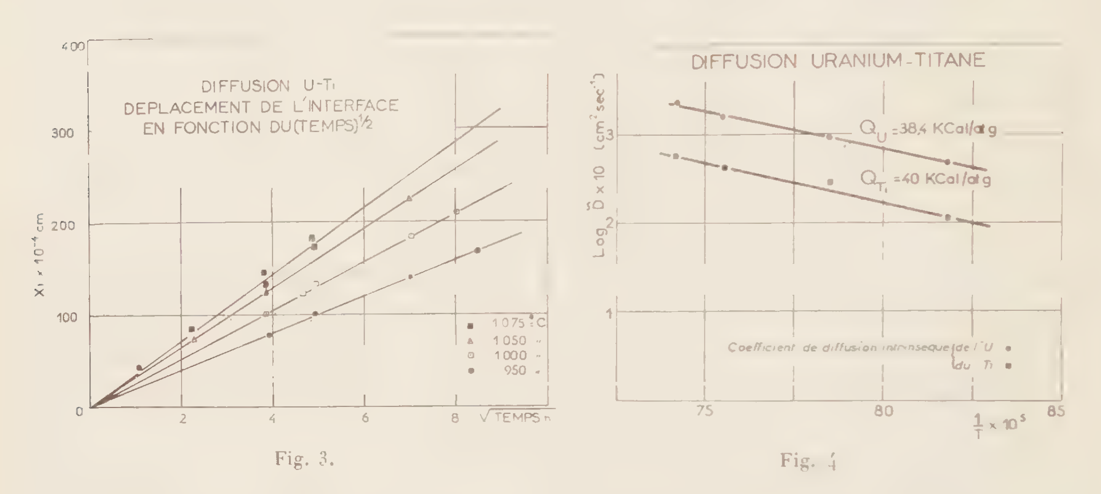


Fig. 3. Fig. 4

s'exprimer en fonction de $\sqrt{t}$ et de la température absolue T par la relation suivante :

$$x_i = 0,9 \, t^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{14\,600}{RT}\right). \tag{1}$$

Finalement, nous avons pu calculer les coefficients de diffusion intrinsèques D_U et D_{Ti} au moyen des deux équations de Darken ([4]) :

$$\left\{ \begin{array}{l} v = (D_U - D_{Ti}) \dfrac{dN}{dx}, \\ \tilde{D} = N_U D_{Ti} + N_{Ti} D_U, \end{array} \right. \tag{2}$$

où v est la vitesse de déplacement de l'interface repéré connue par la relation expérimentale (1) et dN/dx le gradient de concentration à l'interface repéré. Les résultats sont figurés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Température (°C)	950.	1000.	1050.	1075
N_U	0,82	0,82	0,82	0,835
N_{Ti}	0,18	0,18	0,18	0,165
D_U	$4,7.10^{-8}$	$9,5.10^{-9}$	$1,6.10^{-8}$	$2,2.10^{-8}$
D_{Ti}	$1,2.10^{-9}$	$2,9.10^{-9}$	$4,1.10^{-9}$	$5,8.10^{-9}$

La concentration à l'interface apparaissant comme indépendante de la température, on peut calculer les énergies d'activation Q_U et Q_{Ti} pour les deux

coefficients D_U *et* D_{Ti}, comme le montre la figure 4. On trouve alors

$$Q_U = 38,5 \text{ kcal/at-g} \quad \text{et} \quad Q_{Ti} = 40 \text{ kcal/at-g}.$$

Ces valeurs très voisines sont également proches des énergies d'activation calculées dans le cas du couple U-Zr [3].

(*) Séance du 16 juin 1958.

(1) Y. Adda et J. Philibert, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 3081 et 246, 1958, p. 113.

(2) Uranium préparé au Commissariat à l'Énergie atomique et titane obtenu par le procédé Kroll.

(3) Y. Adda, J. Philibert et C. Mairy, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1115.

(4) R. S. Darken, *Trans. A. I. M. E.*, 175, 1948, p. 184.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Variations de longueur et de densité accompagnant le chargement en hydrogène du zirconium.* Note de MM. **Lucien Espagno, Pierre Azou** et **Paul Bastien**, présentée par M. Albert Portevin.

Le chargement en hydrogène du zirconium provoque des variations linéaires de la longueur et de la densité d'éprouvettes de ce métal. Ces variations sont suffisamment accusées et reproductibles pour être commodément utilisables pour la détermination de la teneur en gaz.

Dans le cadre d'une étude en cours sur le diagramme d'équilibre zirconium-hydrogène, nous avons été conduits à rechercher si des procédés simples et rapides d'analyse ne pouvaient pas être proposés, à côté d'autres méthodes : dosage destructif par extraction sous vide à chaud [1] et mesure de la variation de masse dans une thermobalance sous vide [2].

Les éprouvettes, en zirconium brut de coulée obtenu par le procédé à électrode consommable, ont été chargées, dans tous les cas, par voie thermique, selon la méthode établie par Sieverts [3], en adoptant comme température d'hydrogénation 850°, pour obtenir une cinétique de réaction suffisamment rapide, tout en évitant un grossissement excessif de la cristallisation. Après refroidissement, une expansion résiduelle du métal se manifeste à l'ambiante, que nous avons étudiée systématiquement, par voie directe et par mesure des densités en fonction de la teneur en hydrogène déterminée de façon classique.

Les mesures de longueur ont été faites au palmer avec une erreur relative de 0,01 % ; celles de densité ont été conduites selon la méthode de la poussée d'Archimède dans le tétrachlorure de carbone qui, outre une forte densité, mouille bien l'échantillon : en opérant très soigneusement et toutes corrections faites, on arrive à une précision relative de 5.10^{-4}.

Les variations de longueur ΔL, en fonction de la teneur en hydrogène, sont linéaires (*fig.* 1) ; les points représentatifs de très faibles teneurs sont portés

sur le même graphique, en multipliant les deux échelles par 10. Les résultats des mesures de densité sont donnés (*fig.* 2) en variations relatives du volume spécifique $\Delta V/V_0$ du métal hydrogéné par rapport à celui du métal pur ($V_0 = 0,15354$ g/cm³) : ils s'alignent suivant une droite passant par l'origine.

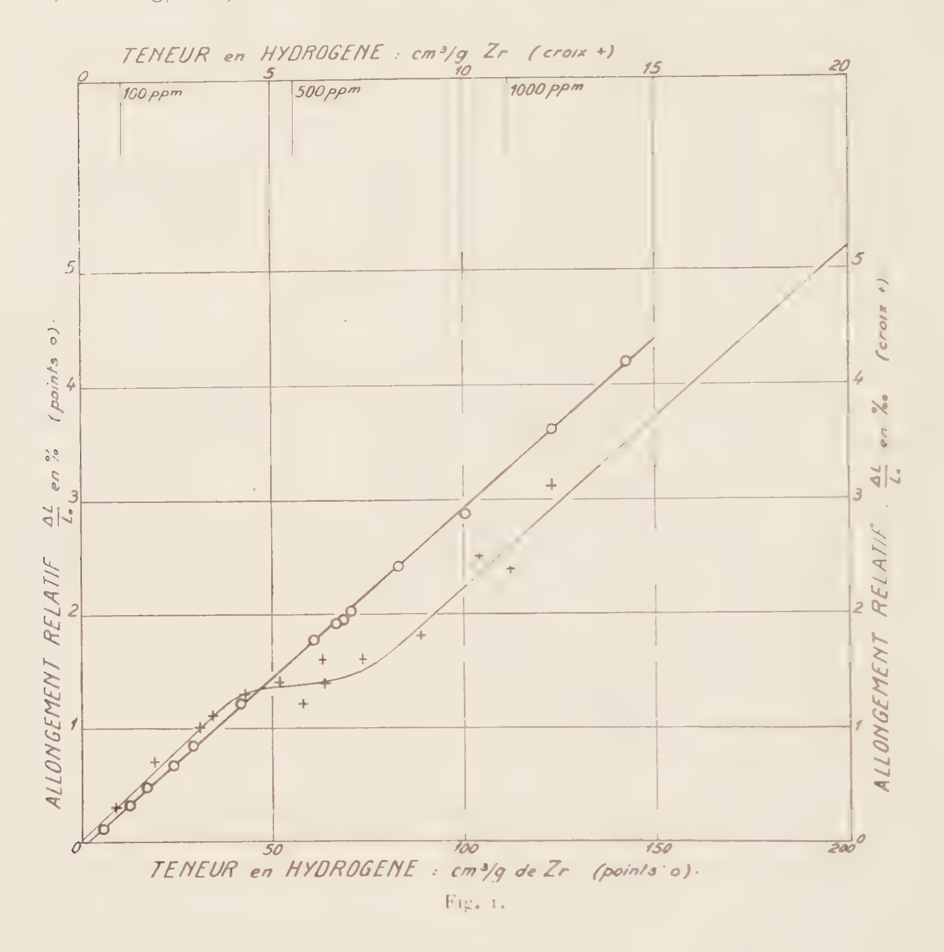


Fig. 1.

Si nous admettons une expansion par chargement parfaitement isotrope par compensation (grosseur moyenne de la cristallisation : 0,1 mm), on doit avoir $\Delta V/V_0 = 3(\Delta L/L_0)$; les résultats expérimentaux donnent en moyenne $\Delta V/V_0 = 2,8(\Delta L/L_0)$, ce qui correspond à un écart de 8 %. Celui-ci ne pouvant être attribué à des erreurs expérimentales, doit être plutôt à rattacher à une certaine anisotropie du métal de départ, dont nous retrouvons également la manifestation dans l'étude dilatométrique.

L'extrapolation de la droite obtenue aux très faibles teneurs (*fig.* 1) ne passe pas exactement par l'origine ($\Delta L/L_0 = 0$ pour 200 p. p. m. d'hydrogène), alors que si nous faisons subir à une éprouvette le cycle thermique adopté pour l'hydrogénation, mais dans un vide très poussé, son allongement résiduel est nul. Cette divergence nous a conduits à faire une série d'essais à très faibles

teneurs en gaz; les résultats portés sur la figure 1 où les deux échelles sont multipliées par 10, montrent une expansion linéaire $\Delta L/L_0 = kC$ (C, concentration) entre 0 et 400 p. p. m. ; au-dessus de 700 p. p. m., on retrouve la droite précédemment tracée à l'échelle 1, correspondant à : $\Delta L/L_0 = k(C - C_0)$ avec $C_0 = 200 \pm 30$ p. p. m. Entre 400 et 700 p. p. m., les résultats sont forte-

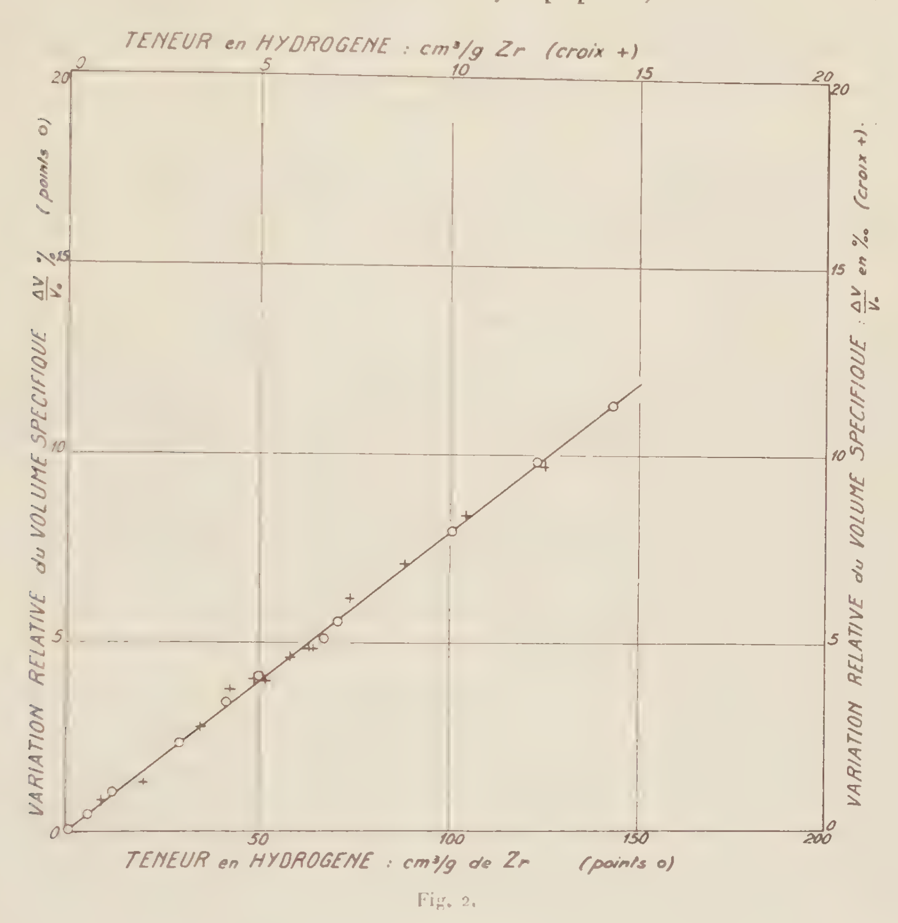


Fig. 2.

ment dispersés : nous pensons que ceci peut être expliqué à partir du diagramme d'équilibre que nous étudions actuellement par voie dilatométrique, méthode faisant apparaître le début d'un palier eutectoïde entre ces concentrations.

On peut déduire des résultats précédents une méthode non destructive de mesure des teneurs en hydrogène du zirconium : on adoptera les mesures d'allongement pour une précision relative de 5 % ; les mesures de densité permettront une précision plus grande et, de plus, étant volumétriques, elles auront l'avantage d'éliminer les conséquences de l'anisotropie cristalline.

(1) K. McGeary, *Zirconium and Zirconium alloys*, symposium A. S. M., 1953.

(2) A. Gulbransen et F. Andrew, *J. Electroch. Soc.*, 101, 1954, p. 474.
(3) A. Sieverts et E. Roll, *Z. anorg. allg. Chem.*, 153, 1926, p. 289.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Structure α de la poly*-DL-*phénylalanine en solution*. Note de MM. **Charles Lapp** et **Jean Marchal**, transmise par M. Gabriel Foëx.

L'étude de la masse moléculaire et de la viscosité intrinsèque d'une série de fractions de poly-DL-phénylalanine en solution dans le mélange chloroforme + 0,5 % de formamide a permis de montrer que les macromolécules ont un comportement de bâtonnet compatible avec le modèle en hélice α.

La spectographie infra rouge montre que les groupes $\rangle C=O$ et $\rangle NH$ de la poly-DL-phénylalanine $[-CO-CH(CH_2-C_6H_5)-NH-]_n$ en solution dans le benzène (1) et le choroforme (2) sont réunis par des liaisons hydrogène intramoléculaires. Ceci caractérise une structure polypeptidique du groupe α.

L'étude de la viscosité intrinsèque $[\eta]$ des macromolécules en solution en fonction de leur masse moléculaire M donnant des renseignements sur la morphologie de ces macromolécules, doit permettre de juger la validité des différents modèles qui sont actuellement proposés pour représenter la structure α des polypeptides synthétiques.

Une étude de ce genre a été réalisée par Doty et coll (3), (4) sur les solutions de poly-L-γ-glutamate de benzyle dans le mélange chloroforme + 0,5 % de formamide où les agrégats sont inexistants (4). Ces auteurs ont trouvé que la valeur de l'exposant *a*, qui figure dans la relation $[\eta]=KM^a$ est égale à 1,70 quand M varie de 50 000 à 300 000. Ceci justifie le modèle en hélice α de Pauling et Corey (5) car il confère aux macromolécules des propriétés voisines de celles des bâtonnets rigides pour lesquels la valeur de *a* est égale à 2.

Une étude analogue a été entreprise par Breitenbach et coll. (6), (7) sur la poly-DL-phénylalanine en solution benzénique, mais l'existence d'agrégats ne permet pas de caractériser les grandeurs macromoléculaires.

On sait que la détermination des masses moléculaires à partir des mesures de la répartition angulaire de la lumière diffusée par les solutions est particulièrement sensible à l'existence des agrégats. Nous avons repris systématiquement cette étude en déterminant la valeur apparente de la masse moléculaire d'une série de six fractions de poly-DL-phénylalanine en solution successivement dans le benzène, le dioxane, le chloroforme et le chloroforme + 0,5 % de formamide (8) avant d'entreprendre les mesures de viscocité.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau I.

Tableau I.

Mesure de la masse moléculaire.

Fraction.	Masse moléculaire — Benzène.	Dioxane.	Chloroforme.	Chloroforme + 0,5 % form.
1	87 000	–	46 000	42 000
2	450 000	450 000	190 000	55 000
3	Insoluble	Insoluble	1 900 000	73 000
4	»	»	150 000	110 000
5	»	»	180 000	120 000
6	»	»	300 000	140 000

L'expérience montre que les agrégats sont très importants dans le benzène et le dioxane où seulement les deux premières fractions sont solubles tandis que les autres fractions gonflent ou forment des gels.

Au contraire, l'état de dispersion moléculaire paraît bien exister dans le mélange chloroforme + 0,5 % de formamide. Nous avons donc étudié la viscosité des solutions des six fractions dans ce mélange et les résultats des mesures de $[\eta]$ figurent dans le tableau II.

Tableau II.

Viscosité dans le chloroforme + 0,50 % de formamide.

Fraction.	$[\eta]$ (cm³/g).	Fraction.	$[\eta]$ (cm³/g).
1	24	4	95
2	35	5	130
3	55	6	150

En utilisant une représentation doublement logarithmique ($\log[\eta]$ en fonction de $\log M$), on constate que les points se groupent sur une droite dont la détermination permet de relier $[\eta]$ et M par la relation

$$[\eta]_{cm^3/g} = [illegible] \, 10^{-6} M^{1,66}.$$

Le fait d'obtenir une relation de ce type et une variation tout à fait normale de la viscosité spécifique en fonction de la concentration indique bien que les résultats ne sont pas perturbés par la présence d'agrégats. On peut alors admettre que l'exposant $a = 1,66$ de la loi expérimentale que nous venons d'écrire caractérise la morphologie des macromolécules en solution qui se présentent par conséquent sous une forme rigide dont la longueur est proportionnelle au degré de polymérisation et dont la section est constante.

Ainsi, l'expérience montre que la rigidité de la structure α de la poly-DL-phénylalamine n'est pas moindre que celle du poly-L-γ-glutamate de benzyle malgré l'enchaînement de groupements monomères D et L. Ceci constitue un résultat important et il faut examiner maintenant si la poly-DL-phénylalamine

peut être représentée effectivement sous forme d'hélice α continue comme le poly-L-γ-glutamate de benzyle ou si un autre modèle sera nécessaire pour rendre compte de la rigidité et des dimensions macromoléculaires.

(1) A. Elliot, *Proc. Roy. Soc.*, A 221, 1954, p. 104.
(2) E. J. Ambrose et A. Elliot, *Proc. Roy. Soc.*, A 205, 1951, p. 47.
(3) P. Doty, A. M. Holtzer, J. H. Bradbury et E. R. Blout, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 4493.
(4) P. Doty, J. H. Bradbury et A. M. Holtzer, *J. Amer. Chem. Soc.* 78, 1956, p. 947
(5) L. Pauling et R. B. Corey, *Proc. Nat. Acad. Sc. Wash.*, 37, 1951, p. 241.
(6) J. W. Breitenbach, K. Allinger et A. Koref, *Monatsh. Chem.*, 86, 1955, p. 269.
(7) J. W. Breitenbach et A. Koref, *Monatsh. Chem.*, 86, 1955, p. 278.
(8) H. Tompa, *Monatsh. Chem.*, 86, 1955, p. 348.

(*Centre de Recherches sur les Macromolécules, Strasbourg, France.*)

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur quelques dérivés substitués du térylène.* Note (*) de MM. **Marc Cachia** et **Henri Wahl**, présentée par M. Marcel Delépine.

La maille cristalline des dérivés disubstitués du polytéréphtalate d'éthylène est fortement dilatée par rapport à celle du térylène. D'autre part, une relation $[\eta] = K' n^{\alpha}$ lie la viscosité intrinsèque et le degré de polymérisation n. Pour les divers produits étudiés, K' et α ont la même valeur, ce qui est attribué au volume voisin des divers substituants introduits.

Parmi les fibres synthétiques modernes, le térylène ou polytéréphtalate d'éthylène (X=Y=Y'=H dans la formule A) présente des caractères si particuliers qu'il a fait l'objet d'études déjà nombreuses. On a examiné notamment les modifications entraînées par le remplacement de l'acide téréphtalique par d'autres diacides (1), celui de l'éthylène glycol par ses homologues (2). Cependant, une seule étude a été effectuée, à notre connaissance, sur l'effet provoqué par des substitutions dans le noyau de l'acide téréphtalique (3).

$$HOCH_2-CH_2-O\left[\underset{\|}{\overset{}{C}}-C_6H(X)(Y)(Y')-\underset{\|}{C}-O-CH_2-CH_2-O\right]_{n}\underset{\|}{C}-C_6H(X)(Y)(Y')-\underset{\|}{C}-O-CH_2-CH_2-OH$$

Le but de cette Note est de résumer très succinctement les résultats auxquels nous a amenés l'introduction de chlore, de brome ou de groupe méthyle dans cette molécule.

La préparation de ces divers polymères s'effectue selon la technique de Hardy (4) dont nous avons déjà décrit une application précédemment (5). L'examen des produits obtenus révèle que les composés mono-substitués

(X=Cl, Br, CH_3—Y=Y' dans A) ne présentent aucune tendance à la cristallisation. Ce sont des verres transparents assez facilement solubles et de point de fusion inférieur à 100°; les rayons X montrent qu'il s'agit effectivement de substances amorphes.

Propriétés physiques.

Substituants.			t		
X (2).	Y (5).	Y' (3).	(°C).	$\overline{M}_n$.	K.10⁴.
H	H	H	258-259	2 200 à 16 750	0,68
Br	Br	H	185-190	1 240 à 17 250	0,16
Cl	Cl	H	160-165	4 350 à 16 750	0,22
CH_3	CH_3	H	175-180	3 400 à 13 450	0,24

Au contraire, les composés possédant deux substituants identiques en position 2.3 ou 2.5 (les dérivés 2.6 n'ont pu, pour des raisons stériques, être obtenus) cristallisent par refroidissement lent ou par réchauffage lorsqu'ils ont subi une trempe, ou enfin, par précipitation de leur solution sous l'effet de l'addition d'un non-solvant. Les clichés de rayon X présentent des raies très nettes qui ont été comparées à celles que donne le térylène. Par approximations successives, on a constaté que les raies obtenues avec les dérivés diméthylés, dichlorés ou dibromés, s'interprètent par l'existence d'une maille triclinique dont les paramètres sont : $a = 8,37$ Å, $b = 5,94$ Å, $c = 21,50$ Å, $\alpha = 98°,30$, $\beta = 118°$, $\gamma = 112°$.

Ces résultats soulignent que la période de fibres est sensiblement le double de celle du térylène ($c = 10,75$ Å) ([2]). Il en résulte que la disposition des substituants le long de la chaîne est statistiquement alternée. De plus, la présence de ces substituants se traduit par un écartement important des plans des noyaux benzéniques du térylène quoique ceux-ci se trouvent déjà à une distance ($a = 4,56$ Å) supérieure à celle qui existe entre les plans de graphite (3,7 Å).

Par ailleurs, les masses moléculaires numériques moyennes $\overline{M}_n$ ont été déterminées sur divers échantillons par dosage d'azote dans les phényluréthannes résultant de l'action de l'isocyanate de phényle sur ces polymères. Parallèlement, la viscosité intrinsèque a été mesurée sur des solutions dans le métacrésol. Conformément à la théorie, on observe une relation linéaire entre les logarithmes de ces grandeurs (*fig.* 1). De plus, on constate que les droites représentatives obtenues avec les divers produits sont parallèles. Le coefficient α de la formule $[\eta] = K . M^{\alpha}$ (I) est donc le même pour les divers produits et également pour le térylène. Sa valeur la plus probable déterminée par la méthode des moindres carrés est de 0,93. Or, Griehl et Neue ([6]) ont obtenu pour le térylène en solution dans le mélange phénol tétrachloréthane $\alpha = 0,87$ et, plus récemment, I. M. Ward ([7]) $\alpha = 0,77 \pm 0,09$ en solution dans l'o-chlorophénol. Si l'on met en évidence le degré de polymérisation n et la

masse M_0 du motif élémentaire, la formule I devient : $[\eta] = K n^{\alpha} M_0^{\alpha}$. Dans une série de polymères, M_0, α et K sont des constantes et l'on peut donc écrire : $[\eta] = K' n^{\alpha}$.



Fig. 1.
1, térylène; 2, diméthyl-2.5 térylène; 3, dichloro-2.5; 4, dibromo-2.5.

Fig. 2.
1, térylène; 2, dérivés substitués.

En effectuant cette transformation et en traduisant les résultats sur un graphique logarithmique, on constate que tous les points expérimentaux des dérivés substitués du térylène se placent sur une seule et même droite parallèle à celle obtenue avec le térylène (*fig.* 2). Le coefficient K' a pour valeur moyenne $3{,}2.10^{-3}$ pour les divers dérivés substitués et $7.7.10^{-3}$ pour le térylène. Une relation unique lie donc la viscosité au degré de polymérisation pour cette série de produits. Comme la viscosité est fonction du volume relatif des molécules du corps dissous par rapport à celle du solvant, on peut penser que ce résultat tient au fait que les substituants introduits ont des volumes sensiblement identiques. En effet, les rayons de Van der Waals sont de 1,85 Å pour Cl, 1,95 Å pour Br et 2 Å pour CH_3 au lieu de 1,1 Å pour H. Il serait intéressant d'étendre ces résultats à d'autres solvants et à d'autres séries de polymères.

Il convient enfin de signaler que la dilatation de la maille de ces polymères se manifeste également par une aptitude à la teinture nettement supérieure à celle du térylène.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) H. BATZER, *Angew. Chem.*, 67, 1955, p. 556.

(2) R. HILL, *Fibres from synthetic Polymers*, Elsevier, 1953, p. 295 et 154.

(3) S. AKIYOSHI et S. HASHIMOTO, *J. Chem. Soc. Japan-Ind. Chem. Sect.*, 57, 1954, p. 212; cf. *Chem. Abstr.*, 1955, p. 2774 *a*.

(4) *J. Soc. Chem. Ind.*, 67, 1948, p. 426.

(5) M. CACHIA et H. WAHL, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1955, p. 1234.

(6) *Faserforschung und Textil technik*, 5, 1954, p. 423.

(7) *Nature* (Londres), 180, 1957, p. 141.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Chaleur d'hydratation du laitier de haut-fourneau vitreux et activé*. Note (*) de MM. **ROBERT STUMPER** et **WALDEMAR SCHUMACHER**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le broyage plus poussé augmente notablement la chaleur latente d'hydratation, donc la réactivité, du laitier basique, vitreux de haut-fourneau, ce qui permet d'intéressantes applications industrielles.

L'industrie cimentière tend vers la production croissante de ciments métallurgiques à proportions variables, fixées par les normes, de laitier de haut-fourneau basique granulé. Ce laitier vitreux possède, en effet, de remarquables propriétés hydrauliques latentes, libérables par des activateurs, dont le principal est le clinker à ciment. L'évolution en question est favorisée par des facteurs techniques et économiques (manque de clinker, pénurie de combustibles, procédés modernes de mouture, etc.) se traduisant par un emploi de plus en plus étendu des ciments métallurgiques dans la construction. Quant à l'économie des combustibles, on peut l'évaluer à environ 1 million de tonnes de charbon par an, si l'on remplaçait seulement 10 % de la production annuelle de ciment à 96 % de clinker des 16 pays de l'Organisation Européenne de Coopération économique par du ciment de haut-fourneau (à 30 % de clinker).

Pour nous rendre compte de la réactivité du laitier granulé, nous avons déterminé la chaleur d'hydratation de quatre types de ciment, à proportions variées de clinker et de laitier, broyés à deux degrés granulométriques différents et nous en avons déduit la chaleur d'hydratation du laitier pur activé par la présence de clinker broyé à la même finesse.

1. *Composition et constitution du clinker utilisé :*

SiO_2	20,34 %	CaO	65,96 %
Al_2O_3	5,92	MgO	1,32
Fe_2O_3	4,19	SO_3	0,71
Mn_2O	0,39	CaO libre	1,50

(Saturation en chaux : 98 %.)

La constitution minéralogique de ce clinker, selon Bogue, est :

$3CaO.SiO_2$	59,7 %	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	13,8
$2CaO.SiO_2$	13,3	$CaSO_4$	1,34
$3CaO.Al_2O_3$	8,0		

2. *Composition chimique du laitier basique granulé utilisé :*

SiO_2	34,38	CaO	40,03
Al_2O_3	12,64	MgO	2,65
FeO	1,43	S	0,9
MnO	0,95	$\frac{CaO}{SiO}$	[illegible]

Nous avons préparé au broyeur à boulets de laboratoire les mélanges suivants :

Ciment I : clinker 100 %;
Ciment II : clinker 70 % + laitier 30 %;
Ciment III : clinker 50 % + laitier 50 %;
Ciment IV : clinker 30 % + laitier 70 %.

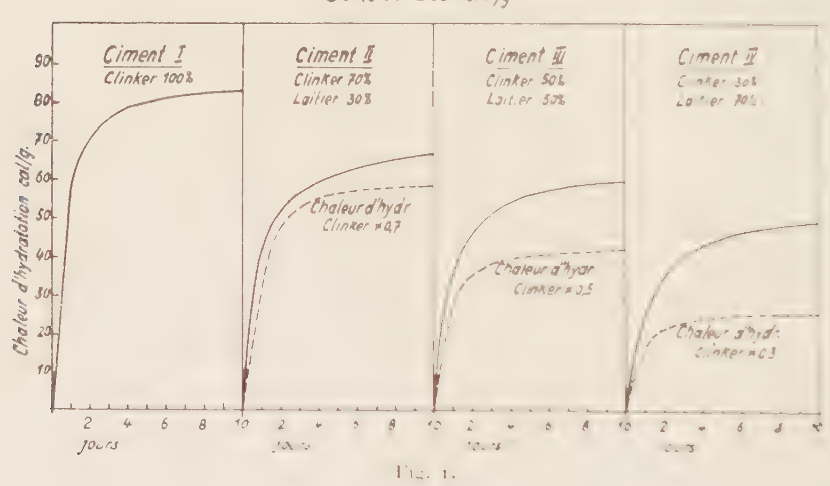


Fig. 1.

Les quatre types de ciment ont reçu, comme régulateur de prise, une addition uniforme de 4 % de gypse (bihydrate), dont l'influence sur le dégagement de chaleur a été négligée. Chacun de ces mélanges a été broyé à deux finesses, soit (série A) à 2 550 cm²/g et (série B) à 5 500 cm²/g de surface spécifique, mesurée au perméabilimètre Blaine. La progression des chaleurs d'hydratation, après gâchage des mélanges avec 60 % d'eau, a été suivie en fonction du temps par la méthode au vase Dewar [1].

Les résultats sont résumés sur les deux graphiques suivants, dont le

premier montre l'évolution des chaleurs d'hydratation de la série d'essai A, correspondant à l'état granulométrique des matières de 2 550 cm²/g et le second celle de la série B, pour 5 500 cm²/g. Les graphiques des mélanges portent en pointillé les courbes correspondant à 70, 50 et 30 % de la chaleur d'hydratation du clinker pur. On constate que l'influence des proportions croissantes de laitier sur les chaleurs d'hydratation développées est plus faible pour les ciments à haute finesse que pour ceux à finesse moindre et aussi que les courbes des mélanges à haute finesse se rapprochent après 10 jours de l'asymptote alors que celles des mélanges à basse finesse ont encore la tendance à monter après 10 jours, indice que les réactions d'hydratation des grains plus gros continuent encore après ce temps.

En admettant le principe de l'additivité des chaleurs d'hydratation des constituants d'un mélange, on obtient la chaleur d'hydratation du laitier pur, à partir de celle des mélanges, par la relation :

$$c_2 = \frac{C - c_1 p_1}{p_2},$$

où C = chaleur d'hydratation du mélange;
c_1 et c_2 = chaleurs d'hydratation du clinker et du laitier;
p_1 et p_2 = proportion de clinker et de laitier dans le mélange.

En calculant ainsi les chaleurs d'hydratation finales (à 10 jours) du laitier granulé et activé par des additions de clinker, on obtient les valeurs suivantes :

	Chaleur d'hydratation (cal/g).			
		Laitier des mélanges à		
Série d'essai.	Clinker.	30 %.	50 %.	70 % de laitier.
A : 2 550 cm²/g	82,8	28	35	34
B : 5 500 cm²/g	84,0	79	78	68

La concordance des valeurs pour le laitier est satisfaisante pour chaque série. La chaleur d'hydratation moyenne du laitier pur étudié et activé par des additions variables de clinker est : 32,4 cal/g à la finesse de mouture de 2 550 cm²/g et 75 cal/g à 5 500 cm²/g.

Il en résulte que le broyage plus poussé augmente notablement la chaleur d'hydratation, et par conséquent aussi la réactivité, du laitier. Son activation par l'augmentation de la finesse est plus grande que par l'augmentation de la proportion du clinker. Le comportement des deux constituants diffère considérablement : alors que l'augmentation de la finesse de 2 550 à 5 500 cm²/g ne produit qu'un accroissement de la chaleur d'hydratation du clinker de 1,5 %, la même augmentation de la finesse produit une exaltation de la chaleur d'hydratation latente du laitier de 232 %. On en conclut qu'il y a avantage à pousser la finesse de mouture du laitier, par

broyage simultané ou séparé avec le clinker, ce qui se traduit aussi par une amélioration des propriétés mécaniques des ciments ainsi obtenus. Nos recherches calorimétriques corroborent ainsi l'expérience qu'il est parfaitement possible de compenser la diminution du taux en clinker des ciments

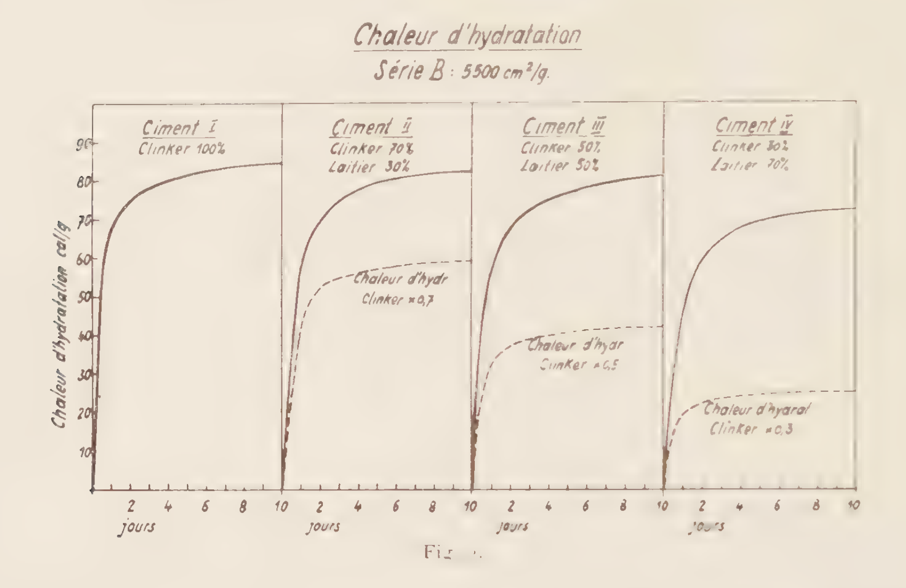


Fig.

mixtes par une finesse de mouture plus élevée, c'est-à-dire qu'il est possible et même recommandable, par un choix judicieux des proportions clinker-laitier et de la finesse de mouture, de produire des ciments à base de laitier capables de rivaliser dans la plupart des applications avec des ciments à clinker pur.

(*) Séance du 30 juin 1958.

([1]) J. Cleret de Langavant, Publication n° 67 du Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie des Liants hydrauliques, Paris, 1954.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du bassin d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales).* Note (*) de MM. **Marcel Casteras** et **Louis Auriol**, présentée par M. Charles Jacob.

Le petit bassin d'Amélie-les-Bains est un témoin de la couverture post-hercynienne de la zone axiale, conservé sur le contrefort oriental du massif du Canigou. D'une largeur maxima de 2 km, il s'étend sur 6 km en direction Nord-Ouest-Sud-Est de part et d'autre de la vallée du Tech. Les contours de la Feuille de Prades rendent compte de la structure du bassin d'Amélie de façon très imparfaite. Cependant Léon Bertrand et O. Mengel ([1]), ([2]) y avaient reconnu un bassin synclinal complexe à déver-

sement général vers le Sud-Ouest. Pour l'essentiel notre conception s'accorde avec ce point de vue.

C'est à 200 m à l'Ouest du mas Sabé que la route de Taulis à Palalda recoupe un étroit repli synclinal de Permo-Trias, qui est l'amorce du bassin d'Amélie. Les schistes et psammites permiens plongent de 70° au Nord-Est ils reposent normalement du côté de l'Ouest sur les phyllades cambriens, tandis que vers l'Est, ils sont chevauchés par une écaille dont le front est constitué par la plus occidentale des bandes de cipolins intercalées dans la série de Canaveilles sur la rive droite du ruisseau de l'Ample.

Au Sud du ravin de Cloquemines le synclinal, qui s'est approfondi, voit sa série se compléter, au-dessus du Permien, par du Muschelkalk qui affleure largement dans le vaste massif calcaire s'étendant de Villasèque et de Montbolo jusqu'aux abords de la vallée du Tech. De plus, en même temps que son déversement vers le Sud-Ouest s'accentue, le synclinal initial se reploie et se dédouble par la formation, suivant son axe, d'une écaille anticlinale longitudinale. L'élément inférieur issu de ce dédoublement forme, en bordure occidentale du bassin d'Amélie, le synclinal de Montbolo. Couché sur ce synclinal, l'élément supérieur correspond à la grande écaille anticlinale que nous désignerons par le nom de ravin de Villasèque qui la traverse de part en part. Enfin le chevauchement, déjà constaté plus au Nord, de la bordure orientale paléozoïque du bassin sur celui-ci s'est accentué et les cipolins du mas Manès sont déversés sur l'écaille du ravin de Villasèque en une véritable nappe.

Ainsi le bassin d'Amélie se décompose, sur la rive gauche du Tech, en un synclinal de Montbolo dont la série repose normalement sur le socle et en une grande écaille du ravin de Villasèque qui est couchée vers l'Ouest sur le synclinal précédent et est elle-même chevauchée, sur son bord oriental, par la nappe du mas Manès. Dans le détail la structure est beaucoup plus compliquée, par le fait d'un écaillage secondaire, par place très accentué, qui affecte localement certains secteurs des unités ci-dessus distinguées.

Le synclinal de Montbolo montre à sa base une bande de Permo-Trias reposant sur les phyllades et les microgranites du socle. Au-dessus viennent les vastes entablements du Muschelkalk qui culminent à Montbolo et au calvaire d'Amélie. Ce Muschelkalk est assez plat et relativement peu déformé, sauf dans le secteur des grandes carrières, où il est débité en petites écailles. Enfin à l'Ouest-Nord-Ouest du calvaire, à la limite de la grande écaille du ravin de Villasèque, le Muschelkalk autochtone est surmonté par une longue bande d'argiles du Keuper. Les galeries d'exploitation de gypse dans ce Keuper s'enfoncent à l'horizontale sous le Muschelkalk de l'écaille. Il s'agit donc de Keuper de la série de Montbolo, ramené en bourrelet sur le front de chevauchement.

Il est d'autres faits que ce dernier, traduisant l'individualité de la grande écaille du ravin de Villasèque. Ce sont d'abord les actions de broyage intense dont témoignent les brèches tectoniques qui jalonnent dans le Muschelkalk sous-jacent le front de chevauchement. C'est aussi le fait que la charnière anticlinale rompue fait apparaître sur le front de l'écaille de Muschelkalk plusieurs affleurements de grès rouges permiens. L'un est visible au Nord de Villasèque; l'autre, recoupé dans le ravin à 700 m à l'Est du même mas, montre sous les grès rouges un minuscule affleurement des phyllades du socle.

Dans le détail le flanc oriental de l'écaille du ravin de Villasèque, où le Muschelkalk affleure largement, est de structure fort compliquée. Il est débité en petites écailles élémentaires. Celles-ci sont, pour le secteur qui domine la route de Palalda, poussées les unes sur les autres vers le Sud-Ouest, dans le sens général de poussée. Mais elles peuvent, pour le secteur plus septentrional, affecter des dispositifs de contre-poussée au Sud-Est, ayant tendance à encapuchonner les éléments exotiques de la nappe du mas Manès. Le tracé de ces écailles est mis en évidence par la délimitation des zones de broyage qui les séparent, par l'obliquité des couches qui les constituent et, parfois, par la présence de minuscules affleurements de Keuper à leur limite. Notons, en passant, que cette structure en écailles rend compte de l'énorme développement des affleurements du Muschelkalk sur la rive gauche du Tech, qui serait *a priori* incompatible avec sa puissance sur la rive droite, où il ne dépasse pas 100 m.

A la constitution de la nappe du mas Manès prennent part plusieurs des bandes de cipolins signalées plus haut sur la bordure orientale du bassin. Elle est ainsi formée d'une sorte de mylonite de blocs, souvent volumineux, en disposition chaotique. Les blocs de cipolins et de dolomies cristallines gris beige, ferrifères, en sont les principaux éléments. La nappe du mas Manès surmonte à l'horizontale une partie de l'écaille de Villasèque, un affleurement de marnes bariolées du Keuper, à 200 m à l'Ouest du mas Manès, s'interposant d'ailleurs entre le Primaire et le Muschelkalk sous-jacent. La nappe paléozoïque s'étale largement au Nord du mas Manès, s'épanche au Sud jusqu'à Palalda, tandis que son extension en direction de l'Ouest est indiquée par deux digitations : il s'agit, d'une part, de la digitation de nappe du mas d'en Sors et du sanatorium El Sola qui est en connexion directe avec sa racine et, d'autre part, des petits lambeaux discontinus de mylonites paléozoïques conservés au Nord-Est de Villasèque, séparés de leur racine et encapuchonnés par le Muschelkalk qui les supporte.

On trouve aisément à l'Est de la vallée du Tech le prolongement des unités tectoniques distinguées sur la rive gauche.

Le Permien et le Trias du synclinal de Montbolo passent, à la sortie

aval d'Amélie, dans les falaises qui forment le flanc Sud du large synclinal de la rive droite. Du fait de son rapide ennoyage, celui-ci se remplit de couches crétacées.

Or le synclinal crétacé est chevauché sur son bord nord, suivant un front de plus de 2 km, par une écaille surtout constituée par du Muschelkalk. Cette écaille de Reynès est poussée au Sud sur l'axe du synclinal crétacé; par un contact plongeant de 75° au Nord elle chevauche le Garumnien, soit directement, soit par l'intermédiaire de petits paquets de Keuper gypseux ou de copeaux de Maestrichtien du flanc inverse. L'écaille de Reynès prolonge la grande écaille du ravin de Villasèque, ainsi qu'en témoignent des affleurements triasiques intermédiaires, celui de Can Cliquette et celui qui apparaît en demi-fenêtre au Nord-Est de Palalda.

Enfin l'écaille de Muschelkalk de Reynès est doublée au Nord, depuis la forge de las Amas jusqu'à l'extrémité du bassin, par une bande de cipolins cambriens qui passe au Nord à la série de Canaveilles. Ces cipolins, poussés vers le Sud, se mettent dans le prolongement de la racine de la nappe du mas Manès; ils appartiennent à la bordure Nord-Est du bassin d'Amélie.

Limité au Nord par le chevauchement de sa bordure triasique, le bassin crétacé est par ailleurs tronqué sur son bord Sud par la grande faille, de direction Est-Ouest, qui surélève les migmatites du massif du Roc de France par rapport au socle cambrien des Aspres et à sa couverture. Le long de cette faille-limite, hachée de petites failles transverses, disparaissent successivement d'Ouest en Est les divers termes de la série secondaire, depuis le Trias jusqu'au Garumnien. A l'Ouest de Reynès le bassin crétacé se termine ainsi, coincé entre la faille-limite qui le cisaille, au Sud, et sa bordure chevauchante de Trias suivi des cipolins et de la série de Canaveilles, au Nord.

(*) Séance du 23 juin 1958.

(1) L. Bertrand et O. Mengel, *Comptes rendus*, 133, 1901, p. 1256.

(2) O. Mengel, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 314.

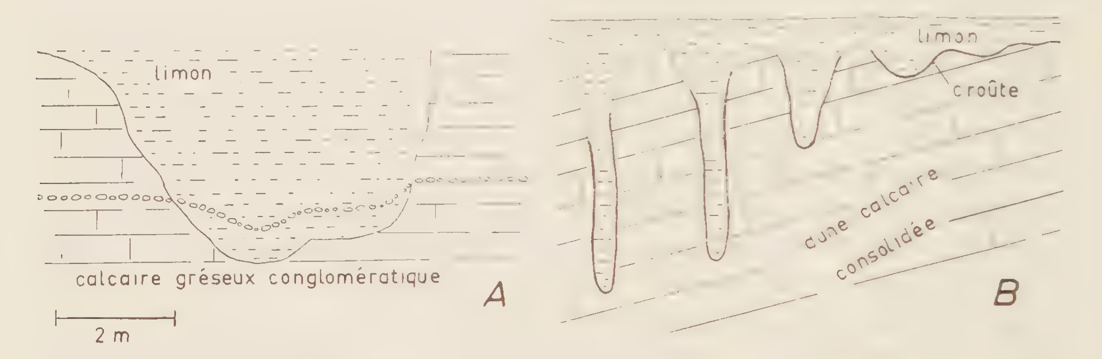
GÉOLOGIE. — *Sur le mode de formation des limons et croûtes calcaires du Maroc.* Note de M. Marcel Gigout, présentée par M. Paul Fallot.

On doit distinguer dans la genèse des limons : une origine pédogénetique, par lessivage sur place de la roche, et un transport éventuel. Une croûte calcaire, accumulée entre roche-mère et limon de lessivage, ne peut être antérieure au limon.

Les géologues du Maroc ont tendance à considérer les croûtes calcaires et les limons, souvent rouges, du Quaternaire marocain, comme des dépôts

superposés stratigraphiquement, chacun témoignant de climats différents : époque de la croûte, puis climat rubéfiant d'accumulation. Des pédologues, au contraire, admettent qu'une croûte et le limon sus-jacent sont deux horizons d'un même sol. Les observations qui suivent cherchent à trancher le dilemme.

Rappelons d'abord que la superposition croûte-limon s'est répétée plusieurs fois au Quaternaire. On distingue au Maroc cinq épisodes à limons rouges : Moulouyen, Salétien, Amirien, Tensiftien et Soltanien. Les trois derniers, au moins, ont comporté des croûtes.



A Salé, dans la carrière sous la cote 62 (en 370,2 × 381,7) on voit, au-dessus des argiles miocènes, un calcaire gréseux conglomératique d'âge calabrien, recouvert par des argiles sableuses rouges salétiennes. Le contact entre ces deux derniers termes comporte des poches importantes. Un lit de galets siliceux, horizontal et continu dans le calcaire, se poursuit dans une poche, avec un affaissement (*fig.* A). Cette disposition indique clairement que le limon rouge est le produit du lessivage *in situ* du calcaire impur. C'est un processus pédogénétique. La déformation du lit de galets permet de chiffrer la proportion de matière entraînée par dissolution; elle est ici de moitié environ.

Dans les carrières autour de Casablanca et Rabat, il est fréquent que des limons rouges pénètrent en poches profondes dans les calcaires gréseux pliocènes ou quaternaires. Certaines poches prennent la forme de doigts verticaux, dont la longueur peut atteindre 4 m, pour un diamètre de quelques décimètres (*fig.* B); d'autres suivent des diaclases. Elles comportent une pellicule de croûte de texture zonée, intercalée entre roche-mère et limon, au fond, sur les côtés, mais pas toujours en haut. Il est impossible que de telles poches aient jamais été vides, béantes. Par conséquent, les limons rouges qu'on y trouve les ont emplies dès l'origine, et la croûte s'y est formée entre calcaire et limon. Le limon, très argileux et ferrugineux, est un horizon de lessivage et hydratation, progressant de haut en bas. La croûte zonée est un horizon d'accumulation.

Je pense que le développement des poches allongées s'explique ainsi : l'eau d'infiltration séjourne dans le fond des poches argileuses, qui forment éponges. La dissolution du calcaire y sera rapide, et progressera par gravité. C'est une variante de ce qui se produit, à l'air libre, dans les lapiez.

M. Antoine [1] a fait une observation semblable aux précédentes, sur un cordon de galets qui passe d'un calcaire gréseux altéré aux limons rouges superficiels (soltaniens), à travers une croûte calcaire. Il en a déduit la distinction de *limons rouges autochtones et allochtones*. Les limons rouges du fond des poches, ou de l'exemple de M. Antoine, n'ont pas subi de déplacement. Mais la partie superficielle des limons est souvent transportée.

Il n'y a pas de raisons pour que la formation autochtone, pédogénétique, des limons et croûtes, soit restreinte aux poches sur calcaire gréseux; elle doit logiquement s'appliquer à d'autres roches-mères calcarifères, et à des cas où la surface de séparation est moins tourmentée. De même, la croûte n'est pas forcément une pellicule continue de texture zonée; elle comprend aussi les calcaires pulvérulents (*abiod*) sous-jacents aux croûtes pelliculaires, et les concentrations de granules calcaires, ou croûtes diffuses.

D'autre part, personne ne conteste, je crois, que certains des limons en cause ont été transportés, remaniés : par ruissellement diffus, ruissellement canalisé passant au transport fluvial, solifluxion, action du vent, etc. On peut dire que les limons autochtones et allochtones ont la même nature pétrographique. Il est donc vraisemblable que tous ont la même origine pédogénétique, que certains sont restés *in situ*, tandis que d'autres ont été ultérieurement emportés. La part du transport dépend de deux facteurs principaux. 1° L'âge. Les limons du Quaternaire ancien et moyen ont rarement été protégés du remaniement; il faut, pour qu'ils soient autochtones, des cas particuliers d'enfouissement, comme celui de Salé. C'est le contraire pour les limons du Quaternaire récent, et surtout soltaniens : on en connaît bien d'alluviaux, dans les plaines et vallées; mais ils sont le plus souvent autochtones, en dehors des fonds de talwegs, au moins dans leur partie profonde restée en connexion avec la dernière croûte. 2° Le relief. Les limons, surtout récents, qui recouvrent les grandes dunes consolidées du littoral, sont essentiellement le résidu de la « fonte » sur place des roches, très calcaires. La topographie de collines allongées parallèlement, mais très adoucies, l'indique clairement. Le drainage étant rudimentaire, la part du transport y est faible. Au contraire, les limons d'épandage des grandes plaines, et les alluvions fluviales, sont entièrement transportés. D'autres facteurs de transport, moins bien connus, seraient : le vent en l'absence de végétation, les grands pluviaux favorisant la solifluxion, etc.

Il est bon de rappeler, pour l'étendre à tous les limons quaternaires

marocains, une conclusion de M. Antoine : *les fossiles et industries préhistoriques d'un limon autochtone sont ceux de la roche-mère* qui ont résisté à la dissolution; ils ne sont pas contemporains de la genèse du limon. Par contre, les limons allochtones peuvent contenir des restes de tous les temps antérieurs, et ce sont seulement les fossiles ou outils les plus récents qui datent de la mise en place de ce limon par son dernier remaniement. Les conséquences de cette remarque sont importantes pour la chronologie des limons, leur paléontologie (Vertébrés surtout) et leur préhistoire. Il est donc essentiel de se demander dans chaque cas particulier si l'on a affaire à des limons autochtones ou allochtones. Un mélange de fossiles d'âges différents, ou d'industries, une stratification ou « lamination » de dépôt, des guirlandes de solifluxion, sont preuves de transport. Au contraire, les limons qui reposent sur une croûte sont généralement autochtones. Il n'est cependant pas impossible que, dans certains endroits, une croûte dure ait été mise à nu, puis recouverte de limons allochtones. Des poches indiquent une altération *in situ*. Mais de véritables lapiez ont pu se former, localement, sur des calcaires, puis être comblés de limons transportés; on en voit fréquemment sur le littoral; ils ne comportent pas d'enduit de croûte calcaire.

On doit se demander si un limon autochtone et la croûte associée d'un paléosol se sont formés simultanément ou successivement. La croûte n'a pu naître que pendant ou après la genèse du limon. Dans le premier cas, il faudrait qu'elle soit rongée et reconstituée à mesure que le limon descend dans la roche-mère; on devrait alors observer, sur les côtés des poches profondes, des zones de croûte coupées obliquement. Je n'en ai pas rencontré. Il est donc plus vraisemblable que les conditions climatiques nécessaires à la formation de la croûte, probablement des saisons sèches et humides bien tranchées, ont succédé au climat humide des limons rouges. Mais je ne considère pas cette proposition comme bien établie. La seule chose certaine est qu'*une croûte n'est pas antérieure au limon autochtone qui la recouvre.*

(1) *Bull. Soc. sc. nat. Maroc*, 30, 1950, p. 111.

(*Faculté des Sciences de Lyon et Institut Scientifique chérifien.*)

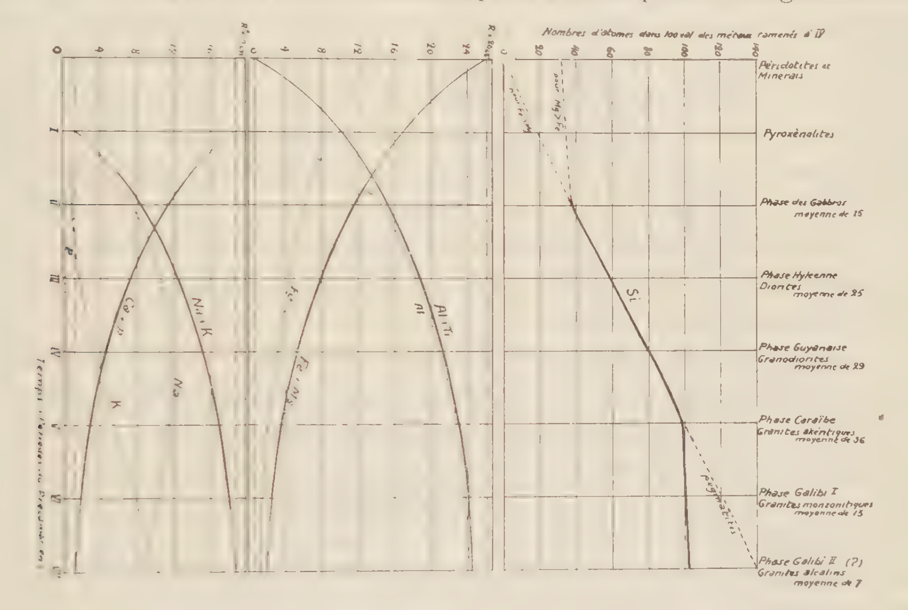
GÉOLOGIE. — *Sur l'évolution des granites guyanais au cours des temps précambriens.* Note de M. **Boris Choubert**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude stratigraphique du Précambrien guyanais conduit à distinguer un certain nombre de séries, volcaniques à la base, d'origine sédimentaire vers le haut. Tous ces terrains sont métamorphisés à des degrés divers,

ce qui montre l'importance du rôle joué par les venues magmatiques où dominent les granites. De haut en bas, on distingue :

la phase galibi, ayant une composition de granites monzonitiques,
» caraïbe, ayant une composition de granites akéritiques,
» guyanaise : granodiorites,
» hyléenne : diorites.

Ces différentes compositions représentent des moyennes, calculées d'après le système conventionnel CIPW-Lacroix. En réalité, chacune des venues offre un éventail assez étendu de variétés : les granites guyanais comprennent des termes dioritiques, akéritiques et des granodiorites; les granites caraïbes, des termes monzonitiques, akéritiques et des granodiorites,



etc. Ces roches, classées suivant leurs paramètres génétiques Nat et Log N σ, forment une série d'alignements parfaits correspondant à autant de venues. Le tableau ci-contre indique leurs caractères chimiques. Ceux-ci ont été calculés en nombre d'atomes sur 100 % de valences suivant la méthode exposée ailleurs [1]. Les sommes R′ et R″ ont été ramenées ensuite conventionnellement à 26,68 et 19,695, chiffres correspondant aux granites guyanais. On peut ainsi constater qu'au cours du Précambrien, il y eut accroissement de Al + Ti et de Na + K, aux dépens de Fe + Mg et de Ca + P.

Nous ignorons la longueur des périodes qui séparèrent ces venues successives. Les études faites en Afrique sur les cycles du Précambrien [2] donnent les chiffres approximatifs suivants, en millions d'années : Swazi, 3 400; Shamvien, 2 700; Limpopo, 2 000; Karagwe-Ankole, 1 300; Katanga, 600. La durée de la période aurait donc été de l'ordre de 700 millions d'années.

Ceci permet peut-être d'admettre, par hypothèse, que les différentes phases du Précambrien guyanais furent séparées par des intervalles égaux. On obtient ainsi, en fonction du temps, les courbes ci-dessous qui, dans une échelle semi-logarithmique, donnent des droites. En prolongeant celles-ci on obtient : *à gauche*, les étapes antérieures à la phase hyléenne (points II, I, O). Le point II correspond à des gabbros connus en Guyane, |dans le massif du Mahury et ailleurs; la composition chimique moyenne des gabbros du Mahury est Ti = 0,52, Al = 14,88, Fe = 6,34, Mg = 4,94, Ca + P = 11,22 et Na + K = 8,475. Au point I se situent les pyroxénolites calciques, du type de celles des montagnes de Roura. Au point O on doit théoriquement rencontrer des roches essentiellement ferromagnésiennes, avec très peu d'alumine, ainsi que des minerais de fer; *à droite* une nouvelle venue de granites alcalins (galibi II), qui semble réellement exister et dont la composition diffèrerait de celle du granite galibi I par K > Na, mais qui n'a pas encore fait l'objet d'un nombre suffisant d'analyses pour qu'on puisse la classer au nombre des faits acquis.

Les courbes exponentielles ainsi obtenues sont de même nature que celles qui traduisent habituellement les décompositions radioactives et de nombreuses réactions chimiques où la destruction d'un corps est compensée par la formation d'un autre.

Ces constatations soulèvent de difficiles questions : dans les conditions où les physiciens se placent actuellement, le Ca, le Fe et le Mg ne présentent, de nos jours, aucune radioactivité. En outre, pour qu'il y ait réaction chimique, il faut supposer l'existence de combinaisons, et nous ignorons celles qui pouvaient exister au Précambrien, dans les couches profondes de notre planète.

La couche dans laquelle ces transformations successives eurent lieu se trouve actuellement à la portée de nos observations et le peu de relief de la pénéplaine guyanaise laisse supposer qu'elle était de faible épaisseur. Le sommet des laves de l'âge III est peu métamorphique et ce n'est qu'à partir de l'âge VI que les granites prennent un caractère nettement intrusif. Les termes antérieurs à l'âge V sont modifiés à des degrés divers et « flottent » sur le granite caraïbe.

Le silicium enfin forme une courbe intégrale montrant que l'augmentation de la proportion de cet élément au cours des âges a suivi une loi rigoureuse, bien connue des statisticiens. L'interprétation de son apparition ici pose, toutefois, un certain nombre de problèmes.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus permettent de penser que les *types fondamentaux* des roches aujourd'hui connues à la surface de la Terre se sont formés, en fonction du temps, par un processus autre que celui de la différenciation, tel qu'on le comprenait jusqu'à présent. Cette évolution lente et continue semble bien se subdiviser en un nombre déter-

miné de périodes aboutissant chacune à une venue magmatique, c'est-à-dire à un véritable cataclysme dont les limites ne sont visibles, pour nous, que lorsque le magma a pénétré un milieu différent de celui où les transformations se sont produites.

	O. Roches incomplètes Fe, Mg, Ca sans Al.	I. Roches incomplètes Fe, Mg, Ca avec Al.	II. Phase gabbros-hornb.	III. Phase hyléenne.	IV. Phase guyanaise.	V. Phase caraïbe.	VI. Phase galibi I.	VII. Phase galibi II.
				Éléments de la somme $R' = 26,68$.				
Ti...	0,73	9,10	14,86	0,46	0,42	0,335	0,19	25,02
Al...				18,18	20,81	22,71	24,15	
Fe...	25,95	17,58	11,82	4,44	3,52	2,43	1,73	1,66
Mg...				3,60	1,93	1,205	0,61	
				Éléments de la somme $R'' = 19,695$.				
Ca...	–	18,00	11,22	7,12	4,445	2,725	1,76	1,08
P....				0,22	0,215	0,175	0,20	
Na...	–	1,695	8,475	10,57	11,505	11,35	9,925	8,415
K....				1,785	3,53	5,445	7,81	10,20
				Silicium.				
		Calculé en $\frac{at}{R_{..}}$ et ramené conventionnellement à la proportion d'atomes de métaux correspondant au granite guyanais moyen (IV).						
Si...	(?)	(?)	37,50	59,00	79,50	98,60	99,70	102,8

L'ensemble de ces phénomènes semble prendre fin avec le Précambrien, époque à laquelle les types fondamentaux paraissent être déjà au complet. Il est donc permis de douter que l'activité ultérieure ait pu répondre à un mécanisme analogue. Le retour aux types fondamentaux par la différenciation des mélanges magmatiques plus jeunes semble corroborer cette manière de voir.

Il est difficile aujourd'hui de donner des faits observés une interprétation intégrale, mais la vision d'ensemble de cette prodigieuse activité magmatique et des processus qui l'ont engendrée à l'époque précambrienne donne, quant à la durée de celle-ci, un ordre de grandeur qui paraît correspondre au calcul de l'âge de la Terre, obtenu par d'autres méthodes (environ 5 milliards d'années).

(1) B. Choubert, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, n° 79, Paris, 1957.

(2) A. Holmes et L. Cahen, *Mém. Acad. Roy. Soc. Col.*, Bruxelles, 1957.

(*Institut Français d'Amérique Tropicale, Cayenne, Guyanne française.*)

GÉOLOGIE. — *Sur les roches cristallophylliennes de la bordure ouest du massif de Belledonne (Isère).* Note de M. **Alexander C. Tobi**, transmise par M. Léon Moret.

La structure binaire du massif de Belledonne est admise depuis longtemps (P. Lory) : « rameau externe » au Nord-Ouest et « rameau interne au Sud-Est, séparés par un « synclinal médian » rempli de sédiments houillers, permiens (grès d'Allevard) et mésozoïques.

Nous sommes d'accord avec P. Bellair ([1]) sur l'existence probable dans ce massif, de trois métamorphismes successifs, dont les deux derniers peut-être, respectivement d'âge hercynien et alpin, seraient des rétromorphoses. Il va sans dire qu'il a fallu distinguer entre ces métamorphismes différents pour pouvoir deviner l'histoire du socle cristallophyllien. Dans cette Note nous nous intéresserons surtout au métamorphisme originel, c'est-à-dire le plus vieux et le plus élevé qu'on puisse observer.

Dans le rameau externe on trouve surtout des schistes à séricite, chlorite et albite, avec çà et là des traces de biotite. Une grande partie, sinon la totalité, de la chlorite s'est formée au dépens de la biotite lors d'une des rétromorphoses. L'albite (0-10 % An) existe, en quantités variables, à l'état de phénoblastes clairs d'un diamètre de 0,1-2 mm, et souvent maclés de curieuse manière. A côté des macles selon la loi d'albite, qui sont les plus fréquentes, on en observe également selon la loi complexe d'albite-Carlsbard. Celles-ci se composent le plus souvent de deux individus avec un mince coin d'extinction différente entre les deux. Les macles simples selon Carlsbad sont rares. D'ailleurs, dans l'albite relativement pure, les orientations optiques des macles d'albite et de Carlsbad sont peu différentes. Toutefois, la presque coïncidence des deux axes $n\alpha$ est déterminative pour la loi albite. On ne trouve point de macles selon les faces (001) et (021). En outre, on observe dans ces phénoblastes des traînées d'inclusions témoignant d'une ancienne stratification, et formées de grains arrondis de quartz et de minces prismes de rutile. Maintes fois ces traînées permettent de voir que les phénoblastes ont été gauchis au cours de mouvements postérieurs à leur formation. La plasticité relative de la mésostase fait que rarement les phénoblastes sont fracturés. Or, cette albite semble bien appartenir au métamorphisme originel. D'ailleurs, près d'Hauteluce on trouve les mêmes phénoblastes dans des schistes à séricite et biotite n'ayant subi aucune rétromorphose. Il s'agit d'une paragénèse assez caractéristique pour certaines roches peu métamorphiques [*voir* par exemple A. Harker ([2]), E. Cloos et A. Hietanen ([3])]. Dans ce type de roche on peut trouver la biotite associée à la chlorite. Tenant compte également de la

présence de séricite et d'albite pure et de l'absence d'almandin et d'autres minéraux caractéristiques pour la zone méso, nous sommes tentés de placer ces roches à la base des micaschistes supérieurs. Il est possible que les phénoblastes dérivent d'une albitisation contemporaine de ce métamorphisme. Pourtant, la composition chimique moyenne de cette formation ne semble pas exiger un tel apport.

Dans le rameau interne les roches cristallophylliennes sont de composition beaucoup plus hétérogène. On y trouve des micaschistes, des gneiss à grain fin, des amphibolites et, moins fréquemment, des roches ultrabasiques. Malgré cette hétérogénéité, le nombre de minéraux y est limité : il s'agit surtout de quartz, plagioclase (20-50 % An), muscovite, grenat (almandin-spessartin), staurotide, disthène, clinozoïste-épidote, hornblende verte, actinote, pyroxène, titanite et leurs produits d'altération. Les macles des plagioclases sont ici nettement différentes de celles trouvées dans le rameau externe. Elles sont presque uniquement lamellaires, les lois de l'acline et de la péricline étant plus fréquentes que la loi de l'albite. La teneur en An est un peu plus élevée dans les amphibolites que dans les schistes et gneiss. Les amphibolites contiennent parfois des phénoblastes de plagioclases avec, en plus, d'autres macles, comme par exemple ala.

Peut-être ces cristaux sont-ils, avec le pyroxène, des « rélicts » d'une activité magmatique antérieure au métamorphisme régional. Les deux micas forment des paillettes plus grandes que dans le rameau externe. Le long des paillettes on trouve parfois de minces lisérés de feldspath alcalin. Les grenats sont de dimensions très variables; on les trouve dans les roches à hornblende aussi bien que dans les micaschistes et les gneiss. La staurotide et le disthène ont été trouvés par exemple dans les environs du lac de Crop, dans la vallée de Baton et près de la Traverse. Ces minéraux font défaut partout où la rétromorphose a été importante. Bref, on constate que dans la quasi-totalité des roches du rameau interne le degré du métamorphisme originel est nettement plus élevé que dans le rameau externe. En revanche, il n'y a que peu de différence à cet égard entre les différents types de roches du rameau interne. Il s'agit de métamorphisme régional tout comme le décrit A. Harker (2), le degré étant méso (zone des micaschistes inférieurs et des gneiss supérieurs).

Il n'y a pas lieu d'attacher une importance trop grande aux phénomènes de rétromorphose. Le plus souvent l'aspect macroscopique des roches cristallophylliennes du massif de Belledonne est déterminé largement par les métamorphismes destructifs d'âges hercynien et alpin. Or, il s'agit de larges zones d'écrasement semblables à celles décrites dans les Aiguilles Rouges par P. Corbin et N. Oulianoff (4) et par J. Bellière (5), et peut-être à celles décrites dans Belledonne même, à propos d'une structure spéciale dite en « claveaux » par Cl. Bordet (6) où, paraît-il, allant

du milieu d'un claveau jusqu'à son bord, l'écrasement devient souvent de plus en plus intense (ainsi, un claveau de granite pourra montrer au milieu la roche originelle plus ou moins reconnaissable et sur les bords des zones broyées prenant l'allure d'ectinites).

En résumé, nous constatons qu'on trouve dans Belledonne un métamorphisme régional (Harker) typique, dont le degré est plus élevé dans le rameau interne que dans le rameau externe. Une activité de magma basique semble être antérieure à ce métamorphisme, tandis que les granites et le volcanisme acide sont en général plus jeunes. La plupart des roches cristallophylliennes ont été rétromorphosées plus ou moins intensément, l'écrasement se voit particulièrement aux bords des « claveaux ».

Ajoutons que les roches cristallophylliennes de Belledonne ont été également le sujet de récentes Notes de R. Michel et P. Berthet [7] et de J. Sarrot [8].

Les conclusions de ces auteurs ne sont pas toujours en accord avec les nôtres et nous n'avons pas à en discuter ici, désirant simplement apporter pour le moment notre contribution à la connaissance pétrographique du massif de Belledonne.

(1) *Comptes rendus*, **245**, 1957, p. 2337.
(2) *Metamorphism*, 1952.
(3) *Geol. Soc. of America*, Spec. Papers, n° 35, 1941.
(4) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 935.
(5) *Bull. Soc. géol.*, *Fr*.6, 1956, p. 691-698.
(6) *Recherches géologiques sur la partie septentrionale du massif de Belledonne (Alpes françaises* (*Thèse Sc.*, Paris, 1957).
(7) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 1888.
(8) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 2008.

PÉDOLOGIE. — *Sur le pouvoir complexant vis-à-vis du fer ferrique et du fer ferreux des extraits de quelques litières forestières fraîches et décomposées*. Note de M. **Paul Lossaint**, présentée par M. Raoul Combes.

Les extraits aqueux de huit litières monophytiques d'essences forestières sont étudiés au point de vue de leur pouvoir complexant. Les litières fraîches sont capables de séquestrer des quantités variables de fer. Au cours de la décomposition les extraits de feuillus voient leur pouvoir complexant rapidement diminuer; ceux des résineux gardent une activité sensiblement constante.

A la suite des grands progrès de la chimie des complexes, l'importance des phénomènes de complexation dans la pédogenèse a été soulignée par de nombreux auteurs au cours de ces dernières années [1]. Cependant, on ne possède à l'heure actuelle que très peu de renseignements sur les

agents « chélatants » naturels susceptibles d'intervenir dans le sol, en particulier dans les phénomènes de lessivage et de podzolisation.

Après avoir présenté une Note sur le pouvoir réducteur des extraits de litières forestières vis-à-vis du fer ([2]), nous avons recherché dans quelle mesure les substances organiques libérées par les feuilles mortes de différentes essences, dès leur chute en automne et après des périodes variables de décomposition au laboratoire, étaient capables de complexer le fer.

Méthode. — On sait qu'à partir de pH supérieur à 2,5, les solutions de sels ferriques deviennent instables, s'hydrolysent, et qu'à partir de pH 3,5 le fer a tendance à floculer à l'état de $Fe(OH)_3$. Or, on constate qu'en présence d'une certaine quantité d'extrait de feuilles mortes cette floculation ne se produit plus, même à des pH très élevés. La méthode consiste à mettre des quantités croissantes d'extrait en présence d'une quantité donnée de fer sous forme d'une solution standard de sulfate ferrique ammoniacal dans une série de tubes à essai. Après 24 h de contact, on amène les solutions à pH 11 avec de la soude diluée et après une nouvelle période de 24 h on note le rapport-limite litière/fer pour lequel il n'y a pas eu floculation. On arrive ainsi à déterminer la quantité minimum de litière, sous forme d'extrait, nécessaire pour maintenir le fer en solution.

Résultats. — 1. *Litières fraîches.* — Les résultats (tableau I) montrent que les rapports litière/fer limites sont très différentes d'une espèce à l'autre. La majorité des feuillus ont un seuil de complexation bas, alors que les Conifères et le Hêtre se distinguent des espèces précédentes par un rapport élevé. Ainsi, les quantités de fer complexé dans les conditions expérimentales décrites ci-dessus par 100 g de litière sont assez importantes comme en témoignent les nombres. Elles sont de cinq à sept fois plus grandes chez les feuillus, Hêtre excepté, que chez les Conifères. L'Aulne se singularise par une valeur très élevée.

Tableau I.

	Rapport litière/fer au seuil de complexation.	Grammes de fer complexé par l'extrait de 100 g de litière.	Rapport matière hydrosoluble/fer au seuil de complexation.	Grammes de fer complexé par 1 g de substance hydrosoluble.
Alnus glut.	19,4	5,16	3,85	0,26
Carpinus Betulus	28	3,57	3,25	0,31
Quercus pedunc.	31	3,23	3,4	0,29
Quercus rubra	27	3,71	3,2	0,31
Fagus silvat.	108	0,95	5,9	0,17
Picea excelsa	133	0,75	6,4	0,16
Pinus silv.	132	0,76	5,2	0,19
Abies pectin.	136	0,73	5,6	0,20

Les différences de comportement de ces deux groupes d'espèces sont dues essentiellement à des différences dans les teneurs en substances hydrosolubles. Cependant, si l'on exprime ces nombres en grammes de fer complexé par gramme de substances hydrosolubles, on voit que les différences entre les deux groupes d'espèces subsistent (tableau I, rapport matière hydrosoluble/fer). Elles sont, par conséquent, dues aussi à des différences d'ordre qualificatif : nature chimique des substances présentes et richesse relative en ces substances des divers extraits. Notons que les valeurs du pouvoir complexant obtenues ci-dessus ne concernent pas uniquement le fer ferrique mis en présence des extraits. En effet, ces derniers étant réducteurs ([2]), le complexe global est, par conséquent, formé de deux fractions : un composé extrait/Fe^{++} et un composé extrait/Fe^{+++}.

Une expérience avec du fer ferreux a montré que ce dernier nécessitait moins de substance pour être complexé (tableau II). Cette observation constitue une des explications de la meilleure mobilisation du fer en milieu anaérobie.

TABLEAU II.

Complexation du fer ferreux par les extraits de litières.

	Fer mis en présence.	Grammes de fer complexé par 100 g de litière.	Rapport litière/fer au seuil de complexation.
Alnus	Fe^{+++}	5,16	10,4
	Fe^{++}	6,9	14,5
Carpinus	Fe^{+++}	3,57	28
	Fe^{++}	5,0	20

TABLEAU III.

Complexation du fer par les extraits de litières décomposées.

Durée de la décomposition.	Grammes de fer complexé par 100 g de litière. *Alnus.*	*Carpinus.*	*Picea.*	*Pinus.*
0	5,15	3,6	0,75	0,76
15 jours	4,0	3,35		
1 mois	5,85	3,35	0,74	0,51
2 »	2,7	2,56	–	–
3 »	0,83	2,0	0,59	0,59
5 »	2,0	1,33	0,55	0,45

2. *Litières décomposées.* — Les extraits obtenus à partir de quatre litières soumises préalablement à la décomposition en étuve à 27°, montrent au fur et à mesure de la décomposition, une activité complexante qui va en diminuant chez l'Aulne et le Charme, mais qui, par contre, reste sensiblement stationnaire chez le Pin et l'Épicéa (tableau III).

Il existe une relation étroite entre les nombres du pouvoir complexant et l'entraînement du fer d'un sol déterminé antérieurement ([3]). D'autre part, nous avons fait une constatation semblable avec le pouvoir réducteur ([2]).

([1]) SCHEFFER et al., *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde*, 76, 1957, p. 121.
([2]) P. LOSSAINT, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2091.
([3]) P. LOSSAINT, *C. R. VIe Congrès Int. Sc. du Sol*, Com. 2, Paris, 1956.

(*Institut de Botanique, Strasbourg.*)

GÉOPHYSIQUE. — *Discrimination des éruptions chromosphériques associées aux perturbations géomagnétiques durant le maximum solaire actuel.* Note de M. **MARC LÉPINEUX**, présentée par M. Pierre Lejay.

Nous avons considéré la période de maximum solaire bien marqué du 15 avril 1957 au 31 mars 1958, pendant laquelle la moyenne mensuelle du nombre de Wolf a toujours été supérieure à 150.

Nous appelons *perturbation géomagnétique* tout phénomène pendant lequel nous avons au moins trois caractères mondiaux Kp ([1]) consécutifs au moins égaux à 5 + dont deux égaux à 7 — ou dont un au moins égal à 7°. Pour la période considérée nous avons 16 de ces perturbations, elles sont portées dans la deuxième colonne du tableau II.

Nous avons relevé ([2]) toutes les éruptions chromosphériques considérées d'importance au moins 2 + par au moins un observatoire et s'étant produites à moins de 40° du méridien central. Il y en a 74 dans la période étudiée.

Nous appellerons « *éruptions avec effet radio* » celles de ces éruptions qui sont liées à une augmentation importante en intensité et en durée du niveau de bruit radioélectrique solaire sur les fréquences voisines de 200 Mc/s. Pour la période étudiée, nous considérons comme telles les éruptions qui ont été accompagnées sur ces fréquences : soit d'un « sursaut radioélectrique » d'au moins 1 h de durée, soit d'une montée de la moyenne horaire du niveau de la densité de flux au moins égale à 30.10^{-22} W/m^{-2}(c/s)$^{-1}$ si le niveau antérieur est inférieur à 100.10^{-22} W/m^{-2}(c/s)$^{-1}$ supérieure à 15.10^{-22} W/m^{-2} (c/s)$^{-1}$ si le niveau antérieur est supérieur à 100.10^{-22} W/m^{-2} (c/s)$^{-1}$.

Les renseignements dont nous avons disposé ne nous ont pas permis de montrer avec certitude que ces « effet radio » sont toujours des émissions de type IV ([3]). Nous trouvons ainsi 16 éruptions avec « effet radio », elles sont portées dans la première colonne du tableau II.

a. *Corrélations avec les éruptions.* — 13 des 16 *éruptions* avec « effet radio » précèdent une perturbation dans un délai de 20 à 70 h ([4]). Parmi les trois

autres éruptions avec « effet radio », celle du 12 septembre 1957 est suivie d'agitation magnétique au bout de 38 h, celle du 20 octobre 1957 est suivie seulement d'un orage cosmique dans les mêmes délais ([5]); enfin celle du 24 juillet 1957 est la seule à n'être suivie d'aucun effet terrestre; mais il est remarquable qu'elle soit également la seule éruption avec « effet radio » se produisant dans une période où le niveau d'intensité cosmique est normal qui ne soit pas associée à une prébaisse de rayons cosmiques ([5]).

Si nous considérons les 58 autres éruptions d'importance au moins 2 + ayant eu lieu à moins de 40° du méridien central et *sans « effet radio »*, nous constatons qu'il y en a 14 qui précèdent 7 perturbations dans les mêmes délais, mais ces 7 perturbations sont toutes déjà explicables par l'une des 16 éruptions avec « effet radio ». D'ailleurs le tableau I nous montre que ces 14 éruptions sans « effet radio » suivies de perturbations ne sont pas des plus importantes. Bien au contraire, 11 de ces 14 éruptions sont d'importance 2 +.

TABLEAU I.

Répartition des éruptions suivant leur importance.

	2+.	3.	3+
16 éruptions avec effet radio..................	2	10	4
58 éruptions sans effet radio..................	39	19	0
dont 14 (des 58 sans effet radio) suivies de perturbations........................	11	3	0

b. Corrélations à partir des perturbations. — 13 des 16 *perturbations* de la période envisagée sont précédées dans les délais normaux d'éruptions avec « effet radio ». Deux autres perturbations sont précédées d'« effet radio » exceptionnellement marqué auquel il a été difficile d'associer des éruptions. Ce sont celles du 6 novembre 1957 et du 12 mars 1958. Donc seule la perturbation du 17 avril 1957 n'est précédée d'aucun « effet radio » (avec ou sans éruption). Il est intéressant de la rapprocher de la prébaisse de rayons cosmiques débutant le 13 avril 1957, laquelle paraît devancer l'apparition le 15 avril d'un centre d'aire très importante au bord Nord-Est du disque solaire, ce centre fait ensuite l'objet de localisations par l'interféromètre de Nançay et sera le siège de l'éruption du 17 avril signalée plus bas comme étant suivie d'agitation magnétique.

Éruptions à plus de 40° du méridien central et avec « effet radio ». — En général, les éruptions se produisant assez loin du centre du disque apparent du Soleil ne sont pas suivies d'effet terrestre. Cependant cela n'a rien d'absolu et c'est ainsi que nous avons les cas suivants qui paraissent faire exception.

— Le 17 avril 1957 de 20 h 00 à 23 h 00 T. U. (N 12°, E 70°) importance 3 +.

Éruption simultanée d'un « sursaut radioélectrique » de 37 mn, elle

est suivie 25 h après d'une période d'agitation magnétique pendant laquelle les Kp sont successivement 6 + 6 + 7°;

— Le 13 mars 1958 de 09 h 50 à 12 h 00 T. U. (S 15°, E 75°) importance 3 +. Éruption accompagnée d'une montée radioélectrique sur 169 Mc/s (Ursigramme en provenance d'Humain), cette éruption a été suivie dans les délais de 20 à 70 h le 25 mars par un orage cosmique ([5]).

TABLEAU II

Éruptions avec "effet radio"				Perturbations		
Date	Heures T.U.	Coordonnées	Imp.	Délai	Date	Kp max.
					17/4/57	8^-
24/6/57	0845/0930	N22 W14	3	42 h.	26/6/57	7°
28/6/57	0700/0930	N09 E28	3	42 h.	30/6/57	8^+
30/6/57	0926/1330	N09 W03	2^+	48 h.	2/7/57	8°
3/7/57	0806/1107	N10 W39	3	42 h.	5/7/57	7^+
24/7/57	1816/2014	S24 W22	3	Seule éruption avec effet radio, non suivie d'effet terrestre et non associée à une prébaisse cosmique.		
26/8/57	0841/1353	S30 E30	3^+	32 h.	29/8/57	7^-
31/8/57	1257/1600	N25 00	3	36 h.	2/9/57	9°
2/9/57	1313/1505	N12 W28	3	50 h.	4/9/57	9°
11/9/57	0245/0303	N17 E03	3	45 h.	13/9/57	9°
12/9/57	1510/1610	N11 W19	3	38 h.	3 caractères Kp consécutifs 5+6+5+ le 14 septembre	

Éruptions avec "effet radio"				Perturbations		
Date	Heures T.U.	Coordonnées	Imp.	Délai	Date	Kp max.
18/9/57	1818/2110	N21 E03	3^+	62 h.	21/9/57	8^-
21/9/57	1332/1555	N10 W10	3	22 h.	22/9/57	9°
26/9/57	1907/2345	N20 E15	3	66 h.	29/9/57	9°
20/10/57	1637/1804	S27 W35	3^+	est suivie d'un orage cosmique dans les délais normaux		
4/11/57	0900/1100	pas d'éruption 2+ observée		40 h.	6/11/57	7°
24/11/57	0846/1140	S15 E37	3^+	49 h.	26/11/57	$2 \times 7^-$
9/2/58	2139/2204	S11 W14	2^+	26 h.	11/2/58	9°
11/3/58	0000/0200	pas d'éruption 2+ observée		24 h.	12/3/58	7°

Bruit radio

[illegible] Netherland Meteorological Institute DE BILT.
[illegible] – C.R.P.L.
[illegible] par Ursigrammes du Service Solaire de l'Observatoire d'UCCLE (Belgique).
[illegible]

Conclusion. — Ainsi peut-on diviser les éruptions chromosphériques importantes en deux catégories. D'une part, celles qui sont accompagnées d'une augmentation bien marquée et d'assez longue durée du niveau de bruit radioélectrique sur les fréquences voisines de 200 Mc/s. Ces éruptions ont généralement lieu pendant une prébaisse des rayons cosmiques. De telles éruptions entraînent, 20 à 70 h après, une perturbation du magnétisme terrestre, si elles ont lieu suffisamment près du centre du disque solaire apparent. D'autre part, celles qui ne sont pas accompagnées de cette longue augmentation du bruit radioélectrique sur 200 Mc/s. Ces éruptions, quelles que soient leur position et leur importance, ne sont pas associées à des perturbations géomagnétiques.

(1) *Geomagnetic Planetary Indices*, Geophysikalische Institüt Göttingen.
(2) *Solar Geophysical Data*, C.R.P.L.
(3) A. Boischot, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1326.
(4) O. N. Sipahioglu, *Rev. Fac. Sc. Istanbul*, série C, 21, fasc. 3.
(5) J.-P. Legrand, *Comptes rendus*, 247, 1958 p. 70.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Débuts brusques d'orages magnétiques à Tamanrasset.* Note (*) de M. **Jean-Louis Bureau**, transmise par M. Charles Maurain.

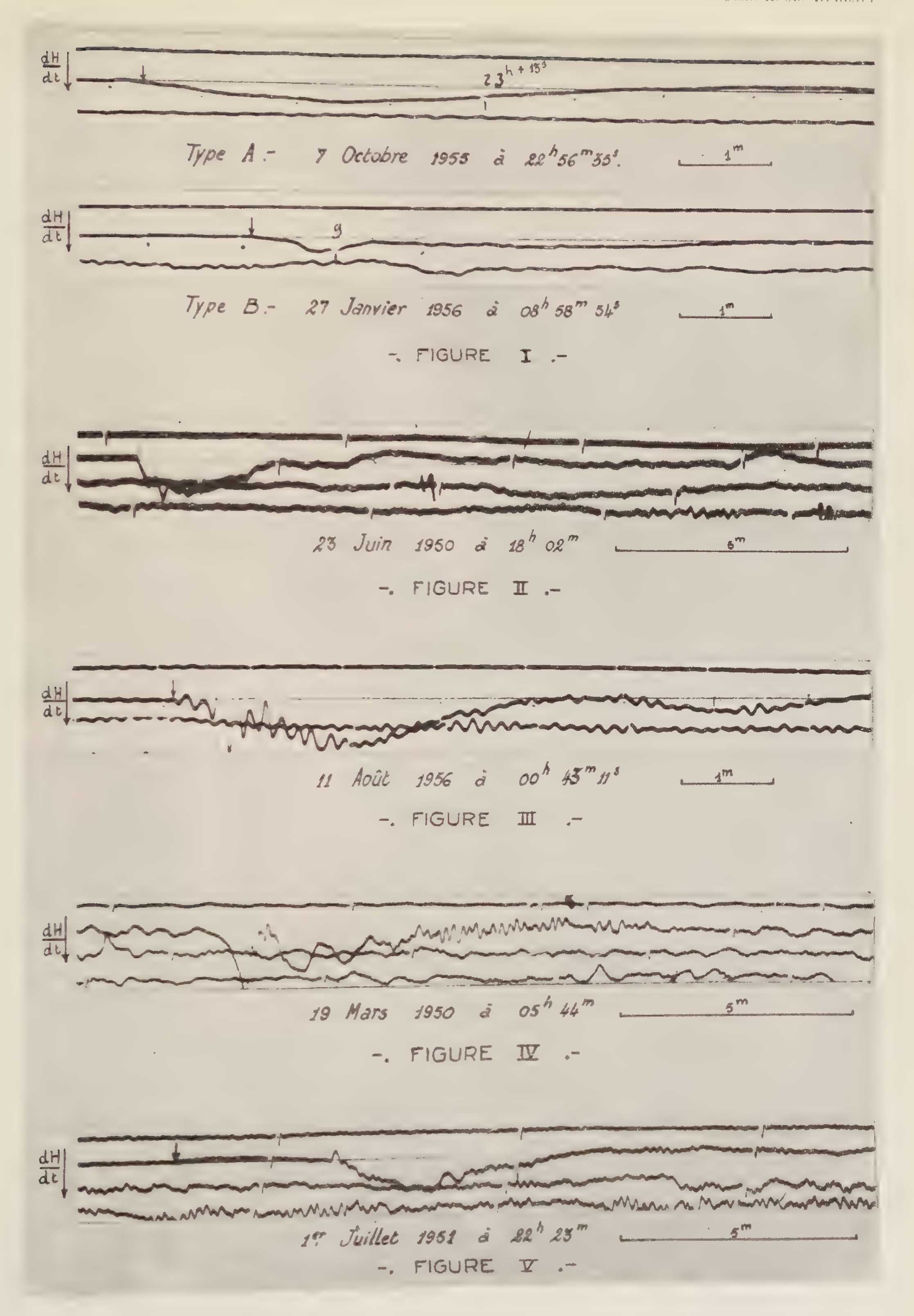
L'étude des débuts brusques d'orages magnétiques (s. s. c.) a repris ces dernières années un regain d'intérêt. La mise en évidence d'un accroissement de leur amplitude, pendant les heures de jours à la station équatoriale d'Huancayo ([1]), ([2]), ([3]) et la prise en considération des impulsions de signes contraires se produisant aux hautes latitudes ([4]), ([5]), ont contribué à faire jouer un rôle important à l'ionosphère dans l'explication des orages. Or, pour préciser ce rôle, de telles études doivent être multipliées en de nombreux points du globe. Un gros travail a déjà été entrepris dans ce sens par J. A. Jacobs et T. Obayashi ([6]). La présente Note essaie d'apporter quelques précisions pour Tamanrasset ($\varphi = +22°48'N$, $\lambda = +5°31'E$, $\Phi = +25°,4$, $\Lambda = 80°,6$) qui est situé dans la région tropicale où les variations diurnes des formes et des amplitudes sont beaucoup plus faibles. Les enregistrements utilisés sont ceux des La Cour normaux et des variomètres électromagnétiques Grenet ([7]) effectués depuis janvier 1950.

V. C. A. Ferraro, W. C. Parkinson et H. W. Unthank ([8]) ayant montré que les impulsions brusques, non suivies d'orages (s. i.), pouvaient avoir un comportement différent de celui des débuts brusques d'orages (s. s. c.), il a semblé important de se limiter à un phénomène pur. Ne seront donc considérés comme débuts brusques que ceux qui sont reconnus comme tels par plus de 20 Observatoires. La liste est tirée des *Bulletins* n° 12 de l'Association Internationale de Géomagnétisme et d'Aéronomie et des données sur les perturbations magnétiques du *Journal of Geophysical Research*. Elle fournit, pour les années 1950 à 1956 incluses, 99 débuts brusques.

Sur les La Cour, ils se répartissent en 3 débuts brusques négatifs, 4 débuts brusques formés d'une impulsion principale positive précédée d'un petit déplacement négatif (s. s. c*), 89 débuts brusques essentiellement positifs (s. s. c.). Il y a trois enregistrements défectueux.

Sur les variomètres électromagnétiques à marche rapide, la structure fine apparaît et l'on peut caractériser différentes formes suivant leur début (les 20 premières secondes) et leur évolution ultérieure. Il ne faut pas perdre de vue qu'elles correspondent à la dérivée dH/dt.

Parmi les 93 débuts brusques de la liste enregistrés par ce variomètre, 50 ont un début positif arrondi (*fig.* 1). L'évolution ultérieure de cette forme de début peut se caractériser dans 27 cas par un retour à zéro ou à des valeurs négatives avec de faibles courbures (type A), dans 18 cas, par un retour rapide tel que dans les 30 à 100 s qui suivent le début,


dH/dt
23h + 13s
Type A.- 7 Octobre 1955 à 22h 56m 35s. 1m
dH/dt
9
Type B.- 27 Janvier 1956 à 08h 58m 54s 1m
-. FIGURE I .-
dH/dt
23 Juin 1950 à 18h 02m 5m
-. FIGURE II .-
dH/dt
11 Août 1956 à 00h 43m 11s 1m
-. FIGURE III .-
dH/dt
19 Mars 1950 à 05h 44m 5m
-. FIGURE IV .-
dH/dt
1er Juillet 1951 à 22h 23m 5m
-. FIGURE V .-

la déviation soit moins du tiers de la déviation maximum (type B) et dans 5 cas, par de fortes courbures mais sans retour rapide. Cette classification des formes de début positif arrondi fait apparaître une variation diurne de fréquence (tableau I).

Tableau I.

Heure.	Type A.	Type B.	Type B'.	Heure.	Type A.	Type B.	Type B'.
0	2	–	–	13	–	1	2
1	4	–	–	14	–	1	–
2	1	–	–	15	1	1	–
3	2	–	–	16	–	2	–
4	–	–	–	17	1	3	–
5	2	–	2	18	2	–	–
6	–	2	1	19	1	–	–
7	–	4	–	20	2	–	–
8	–	1	–	21	2	–	–
9	1	2	–	22	1	–	–
10	1	–	4	23	3	–	–
11	1	–	1	Total	27	18	10
12	–	1	–				

La forme du type A se produit essentiellement la nuit, celle du type B le jour. La caractéristique du retour rapide de la forme B se retrouve d'ailleurs, dans quelques débuts brusques n'ayant pas leur début arrondi positif. Ces orages ont lieu aussi le jour. Ils sont notés type B'.

Parmi les 43 orages restants, on peut observer :

— 5 débuts positifs avec cassure (*fig.* 2);

— 12 débuts où se surajoutent des pulsations (*fig.* 3). L'exemple du 11 août 1956 donne l'impression que l'arrivée de l'orage a eu pour effet d'augmenter l'amplitude des pulsations continues (Pc) de 10 s qui existaient avant. Il faut noter que ces orages pulsationnels se sont produits essentiellement en 1956, qui est une année d'augmentation de l'activité solaire;

— 2 orages constitués d'oscillations de l'ordre de la minute qui rappellent les pulsations temporaires (Pt) accompagnant généralement les baies (bp), mais avec un déplacement d'ensemble vers les H positifs (*fig.* 4). Cette forme laisse supposer que les débuts brusques d'orages et les baies peuvent déclencher un mécanisme commun;

— 7 débuts brusques type s. s. c*. (*fig.* 5);

— 2 débuts essentiellement négatifs.

Les différentes formes de la structure fine et la variation diurne des types A, B et B', peuvent s'expliquer de différentes façons, aussi est-il essentiel de continuer cette étude de façon plus quantitative, avant de

confronter ces résultats avec les théories, et d'essayer de juger, entre autres, du rôle de l'ionosphère.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) S. E. FORBUSH et E. H. VESTINE, *J. Geoph. Res.*, 60, n° 3, septembre 1955, p. 299.

(2) M. SUGIURA, *J. Geoph. Res.*, 58, n° 4, décembre 1953.

(3) V. C. A. FERRARO et UNTHANK, *Geofisica pura e applicata*, 20, n° 27, 1951.

(4) S. MATSUSHITA, *J. Geoph. Res.*, 62, n° 1, mars 1957, p. 162.

(5) T. NAGATA et S. ABE, *Report of Ionosphere Research in Japan*, 9, n° 1, 1955, p. 39.

(6) T. OBAYASHI et J. A. JACOBS, *J. Geoph. Res.*, 62, n° 4, décembre 1957, p. 584.

(7) G. GRENET, *Ann. Géoph.*, 5, 1949, p. 118.

(8) V. C. A. FERRARO, W. C. PARKINSON et H. W. UNTHANK, *J. Geoph. Res.*, 56, n° 2, juin 1951, p. 177.

GLACIOLOGIE. — *Ondes cinématiques sur un glacier et glissement sur le lit.* Note (*) de M. **LOUIS LLIBOUTRY**, transmise par M. Léon Moret.

On montre sur l'exemple précis de la Mer de Glace en 1891-1899 que la vitesse de glissement n'est pas fonction de l'épaisseur au même point, mais de l'épaisseur dans les régions où le glacier ne glisse pas et de la forme générale de la vallée. De ce fait, la théorie des ondes cinématiques de Lighthill et Whitham ne s'applique généralement pas.

Nye a récemment attiré l'attention (1) sur le fait que les vagues descendant un glacier plus vite que la glace entrent dans le cadre général des ondes cinématiques étudiées par Lighthill et Whitham (2). Ces ondes apparaissent si en un point donné le débit de glace q est une fonction de l'épaisseur h. Leur vitesse est alors $c = (dq/dh)$.

Lorsque le glacier ne glisse pas sur son lit, sa vitesse et son débit se déduisent de la loi de déformation de la glace, étudiée par Glen et Nye (3). On trouve que la vitesse c des ondes est sensiblement égale à 5,2 fois la vitesse superficielle.

Lorsque le glacier glisse sur son lit (ce qui est en général le cas pour les glaciers de vallée et les émissaires des Inlandsis), Nye suppose que la vitesse de glissement est déterminée par l'épaisseur du glacier en ce point, conformément à une théorie de Weertman (4). Or il n'en est rien. J'exposerai dans une autre Note en quoi la théorie de Weertman est incomplète et me contente ici de signaler des faits d'observation qui la contredisent.

J'ai étudié la dynamique de la Mer de Glace d'après les observations de Joseph Vallot de 1891-1899 (5), dont je résume ici les résultats :

		Premier tronçon : Échelets-Montenvers.	Deuxième tronçon : Montenvers-Mauvais Pas.
	Pente moyenne...	0.093.	0.164.
Vitesse superficielle moyenne	En 1897-1899...	122,5 m/an	113 m/an
	En 1891-1893...	151,5 m/an	145 m/an
Vitesse d'allongement relatif en surface	En 1897-1899...	0,010 an^{-1}	−0,042 an^{-1}
	En 1891-1893...	0,018 an^{-1}	−0,043 an^{-1}

1897-1899 furent des années ordinaires, alors qu'en 1891-1893 une vague de 2 m de haut et 3 000 m de long descendait entre les Échelets et le Mauvais Pas à la vitesse de 800 m/an.

Il s'agissait d'une onde cinématique. En effet, en admettant qu'il n'y a pas de variations transversales, l'accroissement de l'allongement relatif entraîne un accroissement égal de la contraction verticale : $\Delta\dot{\varepsilon}_x + \Delta\dot{\varepsilon}_z = 0$. Dans le premier tronçon se trouvait en 1891-1893 l'arrière de la vague. Sa pente par rapport à la surface habituelle du glacier était $\Delta\alpha = 0{,}0020$. La surface s'abaissant avec une vitesse égale à $h\,\Delta\dot{\varepsilon}_x \simeq 1{,}2$ m/an, la vague semblait s'enfuir vers l'aval avec une vitesse :

$$c = v + h\frac{\Delta\dot{\varepsilon}_x}{\Delta\alpha} = 760 \text{ m/an.}$$

Mais cette vitesse n'obéit pas du tout à la relation de Lighthill et Whitham :

$$c = v + h\frac{dv}{dh} = 2\,300 \text{ m/an,}$$

car v n'est pas une fonction bien déterminée de h au même lieu.

Le rayon hydraulique est aujourd'hui bien connu grâce aux sondages sismiques de l'Électricité de France : 145 m pour le premier tronçon et 138 m pour le deuxième. J'ai alors calculé la composante de la vitesse superficielle due à la déformation de la glace. C'était 17 ± 4 m/an sur le premier tronçon, et 132 ± 30 m/an sur le second, où la pente est bien plus forte. Lors du passage de la vague la première valeur n'avait sensiblement pas changé, la seconde avait augmenté d'environ 16 m/an, davantage en aval du Mauvais Pas. On peut donc dire que le tronçon Échelets-Montenvers glisse fortement sur son lit, la vitesse de glissement étant déterminée par la déformation de la glace en aval du Montenvers, où le glacier ne glisse pas.

J'ai ensuite calculé les tensions moyennes dans chaque tronçon grâce à la théorie de Nye [3], valable seulement en toute rigueur pour une déformation uniforme d'amont en aval. En particulier, j'ai calculé la valeur moyenne, dans une section perpendiculaire au glacier, de l'excédent de la tension longitudinale sur la valeur hydrostatique $D = \sigma_x + \rho g z$. En admettant ensuite une variation linéaire de D d'amont en aval, on aboutit à D = 1,27 bar aux Échelets, —0,15 bar au Montenvers et —1,17 bar au Mauvais Pas. Ces valeurs s'accordent avec celle que j'ai calculée, nécessaire pour faire tourner la Mer de Glace au coude, juste en amont des Échelets. Lors du passage de la vague, cette traction D est devenue 1,52 bar aux Échelets, et n'a guère changé après le Montenvers. Cet accroissement est sensiblement égal à la composante utile du poids de la vague, qui tirait le premier tronçon vers l'aval.

Il faut donc considérer un glacier de vallée glissant sur son lit comme un tout. La vitesse de glissement dépend des régions en aval (ou en amont) où le glacier ne glisse pas. Les tensions en surface, et donc la formation des crevasses, dépendent à la fois de cette vitesse de glissement et des sinuosités et changements de pente de la vallée.

Ces résultats permettent de comprendre la *réponse des glaciers de vallée aux variations du débit de glace qui sort du bassin d'alimentation.* Tant que le glacier ne glisse pas sur son lit, un accroissement de débit se propage vers l'aval sous forme d'une onde cinématique allant environ 5,2 fois plus vite que la glace en surface. Si le glacier glisse sur son lit d'un certain point jusqu'à son front (cas de nombreux glaciers se terminant dans un lac ou un fjord), dès l'arrivée de l'onde cinématique à l'extrémité amont de cette zone le front avancera. [En réalité on a signalé ([6]) la propagation « d'ondes de pression » allant jusqu'à 150 fois plus vite que la glace.]

Considérons maintenant la Mer de Glace, ou tout glacier ayant une zone de glissement comprise entre deux zones sans glissement. Cette zone intermédiaire réagit comme un tout. Lorsque l'épaisseur en amont croît puis décroît, la traction D dans cette zone décroît, puis croît. De ce fait le niveau monte puis descend, et l'on voit la vague franchir la zone intermédiaire. La vitesse de franchissement est, si v_1, h_1 sont la vitesse superficielle et l'épaisseur à l'extrémité amont, v_2, h_2 à l'extrémité aval :

$$c = v + h\frac{\Delta v}{\Delta h} = v + h\frac{v_1 - v_2}{h_1 - h_2}.$$

On retrouve la formule de Lighthill et Whitham uniquement si v_1 (h_1) et v_2 (h_2) sont une même fonction, c'est-à-dire si la forme du lit et la pente à la surface sont les mêmes aux deux extrémités.

(*) Séance du 30 juin 1958.
([1]) J. Nye, *Nature*, 181, 1958, p. 1450.
([2]) M. Lighthill et G. Whitham, *Proc. Roy. Soc.*, A, 229, 1955, p. 281.
([3]) J. Nye, *Proc. Roy. Soc.*, A, 239, 1957, p. 113.
([4]) J. Weertman, *J. Glaciology*, 3, 1957, p. 33.
([5]) J. Vallot, *Ann. Observ. Météo. du Mont-Blanc*, 4, 1900, p. 35 et 5.
([6]) R. Sharp, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 65, 1954, p. 821.

OCEANOGRAPHIE. — *Les sédiments profonds au large de la côte niçoise.* Note (*) de MM. Jacques Bourcart, Gilbert Boillot, Jacques Yves Cousteau, Maurice Gennesseaux, Éloi Klimek et Mlle Claude Lalou, présentée par M. Louis Fage.

Sur la côte niçoise, il n'y a pratiquement pas de Plateau continental ([1]). Au-delà du cordon littoral de galets, la plage sous-marine ne descend pas,

en général, en dessous de 50 à 60 m; elle est recouverte le plus souvent par des herbiers de Naïadacées. Puis on entre dans la zone de dépôt de la vase bleue méditerranéenne, calcaire à 50 % en moyenne. C'est cette vase (vase du large de G. Pruvot) qui revêt toute la Pente continentale rocheuse; en principe, elle devrait se continuer vers les grandes profondeurs.

La Pente continentale, découpée par de nombreuses vallées sous-marines, est d'abord très raide jusqu'à 2 000 m, environ, comme nous ont appris nos dragages, dans des calcaires jurassiques, sauf dans la Baie des Anges qui est creusée dans des marnes quaternaires et peut-être pliocènes.

Un pays de collines plus ou moins empâtées, peut-être primaire ou granitique, vient ensuite et reste visible jusqu'à 2 500 m environ, se terminant par une pente plus uniforme qui se poursuit jusqu'à 2 600 m où débute la plaine sous-marine horizontale.

Grâce à son sondeur Edo, travaillant en pieds, le bâtiment de recherches *Calypso* a pu se rendre compte, lors d'une traversée de Nice à Calvi, qu'entre 2 200 et 2 600 m la Pente continentale, du côté de la France métropolitaine et de la Corse, avait une forme en marches d'escalier régulières de 30 m de dénivelée et, en général, d'un demi-mille de longueur, ressemblant à des dunes. Leur origine posait un problème.

Dans le but de trouver une interprétation de ces formes étranges, nous avons effectué cette année une série de dragages et de carottages. Dans le cours sous-marin de la vallée de Nice nous avons récolté, sous une très mince couche de vase, des graviers du Var, souvent même des galets qui mesuraient jusqu'à 6,5 cm de grand axe, plus ou moins mêlés de sable grossier. A partir de 2 000 m, dans la vallée sous-marine, on recueille à peu près uniformément des sables fins, quartzeux et micacés, avec des éléments triasiques, mêlés de Ptéropodes, de Foraminifères planctoniques et de très nombreux débris de bois. Plus au large, à 2 700 m, les carottes donnent de la vase, mais entremêlée de passées irrégulières d'un sable analogue au précédent. Les collines, peut-être primaires, du pays profond sont, au contraire, recouvertes de vase molle.

Nous connaissions, aux abords du littoral jusqu'à 150 m des galets fluviatiles dans les vallées sous-marines du Paillon et du Var, sous 50 cms de vase molle environ. Il n'y a aucune différence entre ces cailloutis et les cailloutis profonds de la vallée sous-marine du Var. Il semble que les sables et les galets qui remplissent ces vallées sous-marines ne peuvent être considérées que comme des dépôts fluviatiles en partie subaériens, en partie sous-marins ; mais dans les plus grandes profondeurs des vallées, il s'agit probablement de matériaux entraînés vers la profondeur par des courants de turbidité. L'âge de ces sables et cailloutis ne peut être plus ancien que le Quaternaire, la pente frontale du delta pliocène étant en

amont du littoral actuel. Des mesures du taux de ^{14}C dans les fragments de bois pourront préciser cet âge, vraisemblablement grimaldien.

Le golfe de Gênes semble donc rempli par des coulées de sable descendues jusqu'au bas de la Pente continentale; l'espace occupé par la vase pélagique se réduirait de plus en plus en allant vers le fond du golfe.

Du point de vue géologique, il est certainement très remarquable de trouver par plus de 2 000 m de fond des sables d'aspect fluviatile avec des fragments de bois flottés, mais contenant une faune purement pélagique.

Nous espérons pouvoir compléter par des dragages et des carottages ces observations qui ne sont forcément que préliminaires.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) J. Bourcart, *Ann. Inst. Océanogr.*, 32, fasc. 3, 1957, p. 137-200.

(2) J. Bourcart, *Morphologie du Précontiment des Pyrénées à la Sardaigne* (avec une carte au 1/200 000e, 83e *Colloque du C. N. R. S.*).

MÉTÉOROLOGIE. — *Premiers résultats des sondages aérologiques effectués en Terre Adélie pour l'Année Géophysique Internationale.* Note de

M. **Jacques Gilbert**, présentée par M. Pierre Lejay.

La comparaison des vents en altitude observés en 1957 à la base Dumont d'Urville à ceux de Maudheim et Port-Martin en 1950-1951 montre des valeurs sensiblement les mêmes des vitesses, avec une dispersion plus faible en Terre Adélie; on note à Dumont d'Urville une grande stabilité vers 1 200 m pendant toute l'année.

Les premières mesures de vent en altitude effectuées dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale à la station Dumont d'Urville (67° S, 140° E), du 1er avril 1957 au 31 janvier 1958, par MM. Plantier et Magniez, techniciens de la Météorologie Nationale, ont été comparés, d'une part aux résultats obtenus à Maudheim (70° S, 11° W) par l'expédition norvégienne-suédoise-britannique (1), d'autre part à ceux de Port-Martin pour la même période (1950-1951); l'intérêt de ces comparaisons tient aux points suivants :

1° A Maudheim et à Dumont d'Urville, il s'agit de mesures effectuées par tous les temps et avec des appareils identiques (radiothéodolite Metox) : elles s'étendent pour Dumont d'Urville sur une période de 10 mois, contre 21 mois et demi à Maudheim;

2° Dumont d'Urville est située à une soixantaine de kilomètres à l'Ouest de Port-Martin, mais alors que celle-ci se trouve en bordure du continent, la nouvelle base a été établie sur une île, environ à 1200 m de la côte : il peut en résulter une différence du régime des vents dans les basses couches; par ailleurs, les sondages de vent n'ont pu être assurés à Port-Martin qu'avec un théodolite optique, c'est-à-dire pour des situations à

très faible nébulosité ou à forte nébulosité par nuages élevés; il importe donc de connaître la validité de certaines réserves qu'ont formulées, de ce fait, les auteurs qui se sont attachés à l'étude des résultats de Port-Martin ([2]), ([3]).

Le tableau ci-dessous donne les valeurs, par saison :

a. du vecteur vent résultant V_R à Maudheim et à Dumont d'Urville (direction en dizaines de degrés, vitesse en nœuds);

b. du vecteur écart quadratique moyen σ (en nœuds) aux mêmes stations; à côté figure, entre parenthèses, la dispersion σ/V_R;

c. des vitesses scalaires moyennes $\bar{V}$; les valeurs relatives à Port-Martin pour 1951 sont indiquées entre parenthèses.

VENT EN ALTITUDE.

Surfaces.

	850 mb.	700 mb.	500 mb.	300 mb.	200 mb.	100 mb.	
	a. Vecteur Vent moyen V_R.						
E.....	09-03	08-03	16-02	22-06	23-07	22-05	M
	11-18	09-10	36-05	31-11	31-09	32-07	D
A.....	12-02	22-07	23-18	23-31	24-28	25-32	M
	11-14	23-07	26-18	26-27	27-29	28-37	D
H.....	07-07	22-04	23-12	24-22	25-25	25-36	M
	11-19	25-04	26-21	28-38	28-41	27-63	D
P.....	10-05	19-04	22-13	23-21	23-23	25-28	M
	11-21	15-04	27-14	27-21	28-26	28-42	D
	b. Vecteur écart quadratique σ *et dispersion* $\frac{\sigma}{V_R}$.						
E.....	16 (5.3)	14 (4.7)	19 (9,5)	29 (4,8)	16 (2,3)	10 (2,0)	M
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	36 ([illegible])	21 (2,3)	09 (1,3)	D
A.....	19 (9.5)	24 (3.4)	36 (2,0)	49 (1,6)	29 (1,0)	31 (1,0)	M
	14 (1.0)	23 (3.9)	31 (1,7)	40 (1,5)	23 (0,9)	17 (0,5)	D
H.....	25 (3.6)	25 (6.3)	33 (2,8)	42 (1,9)	37 (1,5)	28 (0,8)	M
	17 (0.9)	26 (5.8)	32 (1,5)	32 (0,8)	29 (0,7)	29 (0,5)	D
P.....	21 (4.2)	23 (5.8)	26 (2,0)	39 (1,9)	34 (1,5)	28 (1,0)	M
	15 (0.7)	23 (5.9)	31 (2,2)	36 (1,8)	30 (1,2)	39 (0,9)	D
	c. Vitesse scalaire moyenne $\bar{V}$.						
E.....	13	13	17	24	14	9	M
	21 (11)	19 (13)	21 (20)	33 (29)	18 (25)	9	D-PM
A.....	16	21	31	44	34	37	M
	18 (11)	23 (26)	32 (30)	38 (37)	34 (40)	38	D-PM
H.....	22	21	30	40	36	41	M
	22 (14)	23 (29)	32 (30)	44 (39)	47 (45)	67	D-PM
P.....	18	18	25	37	34	35	M
	23 (12)	20 (23)	29 (28)	36 (35)	34 (36)	48	D-PM

E, été; A, automne; H, hiver; P, printemps; M, Maudheim; D, Dumont d'Urville; PM, Port-Martin.

L'été est limité, pour Dumont d'Urville, aux mois de décembre 1957 et janvier 1958, l'automne à ceux d'avril et mai 1957.

L'examen du tableau suscite les remarques suivantes :

1° La dispersion est généralement moins accusée à Dumont d'Urville qu'à Maudheim, surtout dans les basses couches en toutes saisons, et en été dans les couches moyennes, où elle est à peu près la même pendant les autres saisons; elle est plus faible au-dessus de 9 000 m; la situation barique paraît donc moins perturbée dans le secteur de la Terre Adélie que vers la côte de la Princesse Martha;

2° Les moyennes scalaires sont sensiblement équivalentes à Dumont d'Urville et à Port-Martin, malgré la sélectivité des sondages en ce lieu, conclusion qu'avaient présumée Prudhomme et Le Quinio; à 850 mb, elles sont toutefois plus élevées à Dumont d'Urville;

3° Sauf au-dessus de 11 000 m environ en hiver et 15 000 m au printemps, les moyennes scalaires sont également peu différentes à Maudheim et à Dumont d'Urville;

4° On note en été à Dumont d'Urville, à 700 mb, un vent résultant d'Est, avec une faible dispersion, alors qu'il accuse, pour la même surface, une composante Ouest en automne et en hiver, et qu'au printemps, la composante Est est faible et la dispersion beaucoup plus élevée; cette constatation lève le doute émis par Prudhomme quant à la réalité de l'augmentation d'épaisseur de la couche des vents d'Est en été;

5° La variation du vent résultant au cours de l'année, quoique faible, confirme la double oscillation annuelle du champ barique ([4]), ([5]); ainsi, à 500 mb, elle est la suivante (dizaines de grés, nœuds) :

Avril-mai............	25–20	Octobre.............	26–08
Août................	28–24	Décembre-janvier.....	36–05

6° Les vitesses observées à 850 mb (altitude voisine de 1200 m), plus élevées à Dumont d'Urville qu'à Port-Martin, peuvent s'expliquer par la structure du champ de vent : la couche de vitesse maximale, voisine de la surface inclinée du continent, en décolle et se redresse, lorsque le flux d'air froid parvient sur la surface horizontale de la glace de mer ou de la mer (le frottement de surface persistant, mais la force de gravité n'existant plus) : les ballons lâchés de Dumont d'Urville se trouveraient à cette altitude dans la zone de vitesse maximale;

7° La sélectivité des sondages effectués à Port-Martin doit influer sur la répartition de la fréquence des directions, comme on peut le constater à partir de ceux de Dumont d'Urville; par exemple, en hiver à 500 mb, la direction est comprise entre 300° et 90° dans 45 % des cas pour la totalité des sondages, proportion qui tombe à 30 % si l'on se limite aux situations avec sondage optique possible jusqu'à l'altitude de cette surface;

il y a donc tendance à prédominance de vents à composante Sud pour des ciels non couverts par nuages bas ou moyens.

(1) G. DE Q. ROBIN, *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 83, 1957, p. 533.

(2) R. LE QUINIO, *Les observations météorologiques à Port-Martin en Terre Adélie*, fasc. IV, résultats complémentaires, Paris, 1956.

(3) A. PRUDHOMME et B. VALTAT, *Les observations météorologiques en Terre Adélie* 1950-1952, analyse critique, Paris, 1957.

(4) A. VIAUT, *Quelques considérations sur le champ de pression et les perturbations du front polaire austral dans le Sud-Sud-Ouest de l'océan Indien*, U. G. G. I., X, Ass. Gén., Rome, 1954.

(5) *Meteorology of the Antarctic*, edited by M. P. van Rooy, Weather Bureau, Department of Transport, Pretoria, South Africa, 1957.

CLIMATOLOGIE. — *Sur les rapports entre les conditions météorologiques et la flore mycologique et pollinique de l'air palois.* Note de Mme **MARGUERITE GOURMEL**, MM. **ROBERT BAUTE**, **LOUIS BELLOCQ** et **JEAN CANELLAS**, présentée par M. Léon Binet.

Les auteurs étudient l'influence des facteurs climatologiques sur les fortes teneurs en pollens ou en champignons de l'atmosphère paloise. Les rapports avec les masses d'air montrent que les flux de Nord-Est à Sud-Ouest amènent de grandes quantités de moisissures, que ceux de Sud-Ouest à Sud-Est entraînent de fortes récoltes de pollens et que celui de Sud-Ouest peut permettre le même jour de recueillir un grand nombre de pollens et de moisissures.

Les résultats préliminaires de cette étude ont fait l'objet d'une première Note à l'Académie des Sciences le 18 mars 1957 (1), puis d'une Communication à la Journée du Climatisme à Arcachon le 5 septembre 1957. Ces remarques étaient effectuées sur les relevés se rapportant aux derniers mois de l'année 1956. Actuellement, nous disposons d'une année supplémentaire d'observations.

Tout ce que nous avions dit, concernant le rôle de l'amplitude journalière de la température (différence entre la température maximale et minimale), l'insolation, l'humidité et la pluie reste valable; mais, les données nouvelles dont nous disposons permettent de reprendre de façon plus précise, le rôle joué par les masses d'air.

Un premier groupe comprend l'air tropical maritime et une variété, l'air tropical maritime instable. Cet air chaud en provenance des Açores, avec vent de Sud-Ouest, amène un temps très doux, une forte humidité, une insolation moyenne. Si l'air tropical maritime est stable, l'air tropical maritime instable a, par contre, un caractère d'instabilité marqué et il apporte avec lui des averses orageuses et des orages. Ce sont là des condi-

tions climatiques qui conduisent, à la fois, à d'abondantes récoltes de pollens et de moisissures.

Un deuxième groupe comprend l'air tropical continental, caractérisé par un temps très chaud en été, une humidité très faible, une amplitude journalière de la température très forte, un ensoleillement marqué; il est le type de temps favorisant les très fortes récoltes de pollens.

Un troisième groupe correspond à de fortes récoltes de champignons. La masse d'air type demeure le polaire maritime froid, avec flux d'Ouest-Nord-Ouest à Nord-Ouest qui provoque un temps couvert et pluvieux, une humidité élevée, une insolation faible, une amplitude journalière de la température faible et des précipitations diverses. Nous devons rattacher la moitié environ de nos fortes récoltes de champignons à l'air polaire maritime froid. Les résultats observés nous permettent d'associer à ce troisième groupe l'air polaire maritime chaud, l'arctique maritime et l'arctique continental.

Quant aux phénomènes de concomitance des maximums, ils semblent se produire, comme nous l'avions signalé à Arcachon, sous l'influence de deux causes : — l'air tropical maritime, plus particulièrement sa forme instable qui, nous l'avons vu, amène des conditions favorables à de fortes récoltes de pollens et de champignons; — la succession brusque de deux régimes météorologiques établissant les critères favorables à de fortes récoltes, soit de champignons, soit de pollens aux lieux et place des conditions inverses.

Ceci revient à considérer deux grands secteurs. Le premier comprend les masses d'air amenant des flux de Nord-Est à Sud-Ouest, nous devons lui rattacher les fortes récoltes de moisissures. Le second avec des masses d'air entraînant des flux de Sud-Ouest à Sud-Est amène d'importantes quantités de pollens. Le flux de Sud-Ouest peut provoquer le même jour de fortes récoltes mycologiques et polliniques.

Il ne faut pas s'étonner, différemment à l'hypothèse émise dans une Note précédente (1), que les rapports soient moins précis dans le cas des moisissures que dans celui des pollens. Les masses d'air amenant un temps couvert, une faible amplitude journalière de la température et une humidité élevée sont plus nombreuses que celles qui provoquent un temps chaud et sec; surtout, la méthode qui consiste à caractériser une journée par un prélèvement de 24 h (pollens) est infiniment plus précise que celle qui consiste à caractériser cette même journée par un prélèvement de 10 mn (moisissures).

(1) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1682.

(*Centre de Recherches climatologiques, Pau.*)

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Histogenèse des pièces florales chez* Beta vulgaris *L.* (*variété Cérès sucrière*). Note de Mme **Arlette Lance** et M. **Pierre Rondet**, présentée par M. Lucien Plantefol.

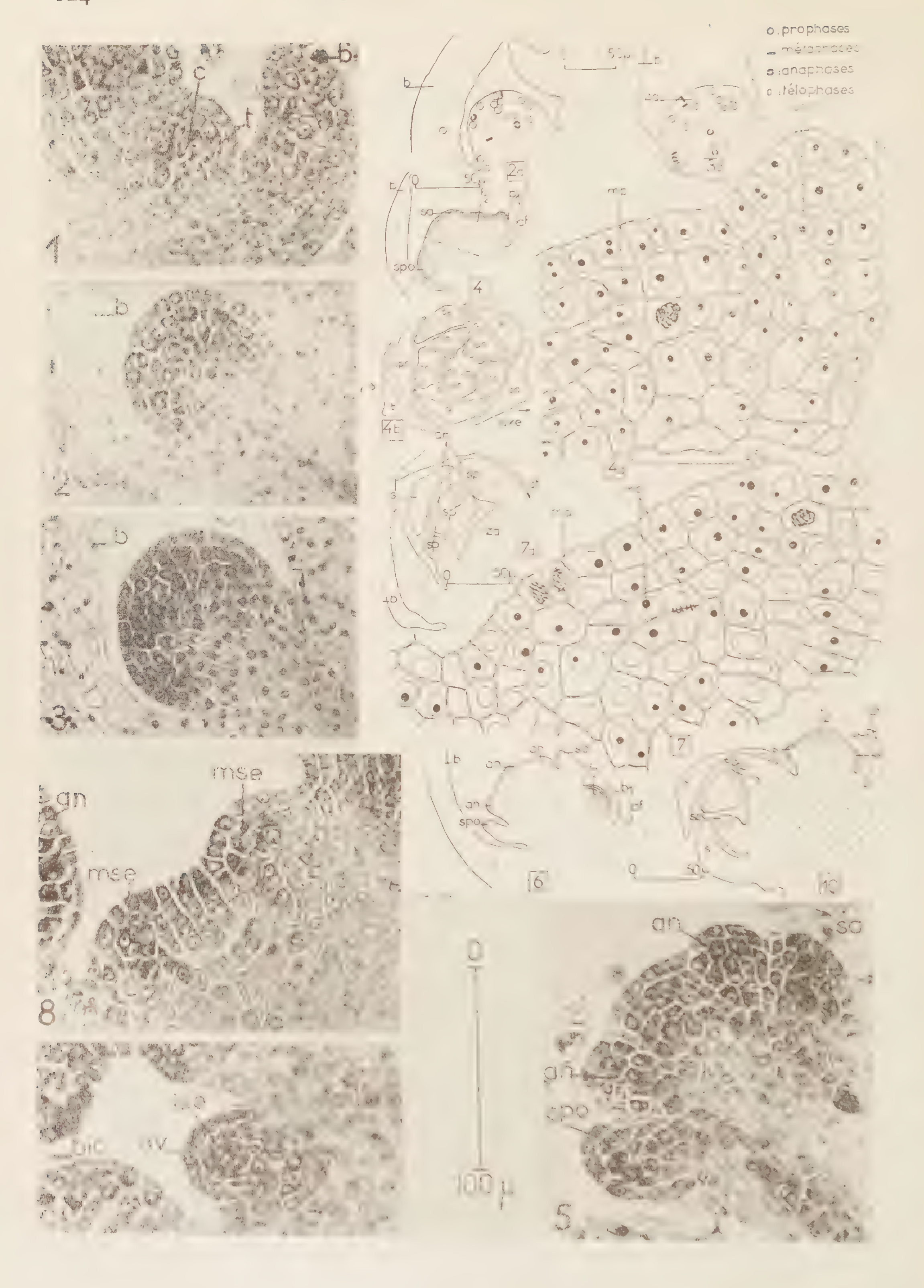
Les bourgeons floraux de *Beta* soulevés par la première assise du *corpus*, sur les flancs de l'apex reproducteur, s'organisent en un massif méristématique homogène, ébauche de la fleur principale du glomérule. Les deux autres fleurs, latérales, naissent sur les flancs de la première dont le mode d'initiation des pièces florales est décrit.

Nous avons précédemment décrit ([1]) l'évolution du méristème reproducteur de *Beta vulgaris*; nous précisons ici l'ontogénie des bourgeons floraux, depuis leur naissance jusqu'à l'initiation de toutes leurs pièces florales.

La figure 1 montre, sur les flancs de l'apex reproducteur, les cloisonnements périclines de la première assise du *corpus c* soulevant un bourgeon floral à l'aisselle d'une bractée *b*. Les deuxième et troisième assises du *corpus* se recloisonnent à leur tour et la *tunica t* s'harmonise à la prolifération des cellules sous-jacentes par des mitoses anticlines. *Ainsi se forme un petit massif de cellules, uniformément méristématique.* Le test de Brachet (*fig.* 2) témoigne d'une teneur élevée en acides ribonucléiques (A. R. N.). La répartition homogène de ces composés ne permet pas de saisir une zonation des jeunes bourgeons floraux, telle que celle signalée par Moustapha Hadj Moustapha chez les Capparidacées ([2]) et par Mme R. Phelouzat chez *Agrimonia eupatoria* ([3]). Des relevés de mitoses effectués sur des bourgeons de 80 μ de diamètre (*fig.* 2*a*) montrent une activité mitotique uniformément répartie.

D'abord globuleux (*fig.* 2), le bourgeon floral s'élargit ensuite (*fig.* 3 et 3*a*) alors que de nouvelles divisions accroissent sa zone axiale *za*. Ces processus préparent l'initiation des deux premiers sépales (*fig.* 4), l'un antérieur *sa* et l'autre postérieur *spo*, que soulèvent des divisions périclines sous-épidermiques tandis que s'accroît la teneur en A.R.N. des cellules intéressées. *Cette dédifférenciation locale ne rappelle cependant, en rien, le fonctionnement d'un anneau initial.* Mais, avant même que ces sépales ne s'individualisent vraiment, une activité péricline nouvelle s'installe plus latéralement sur le flanc de la jeune fleur, du côté de l'axe florifère *af*. Des cloisonnements sous-épidermiques (*fig.* 4 et 4*a*, *cse*) initient une bractée b_1 et, simultanément, d'autres mitoses périclines situées dans la troisième assise (*fig.* 4*a*, *mp*) forment un nouveau bourgeon floral, *f*2 (*fig.* 4), celui de la deuxième fleur du glomérule.

Les deux sépales latéraux de la fleur principale naissent, peu après, simultanément (*fig.* 4*b*, *sl*) et, dans l'espace disponible, apparaît ensuite le cinquième sépale, s_5.


o : prophases
— : métaphases
: anaphases
: télophases
mse
an
sa
spo
100 μ

Le glomérule de *Beta* comprend généralement trois fleurs dans les parties basses de l'axe florifère; la troisième fleur se forme, alors, comme la deuxième, mais du côté opposé à celle-ci.

La figure 5 montre l'initiation sous-épidermique de deux des cinq mamelons androcéens (*an*) dont la naissance synchrone suit de près celle du cinquième sépale. Cependant la zone centrale médullaire de la fleur principale se vacuolise et le bourgeon de la deuxième fleur (*fig.* 6, f_2) s'accroît par des divisions périclines profondes et des mitoses anticlines superficielles. Alors que les sépales *s*, et les mamelons androcéens *an*, poursuivent leur croissance (*fig.* 7*a*), la zone axiale superficielle, *za*, de la fleur principale prépare l'initiation du gynécée; des mitoses périclines internes (*fig.* 7, *mpi*) d'épaississement et des divisions anticlines superficielles, *ma*, complètent le matériel cellulaire mis à la disposition des pièces carpellaires que soulèvent des mitoses sous-épidermiques (*fig.* 8, *mse*). A ce stade, des cellules actives, riches en A.R.N., avec des noyaux et des nucléoles volumineux, témoignent, dans les étamines de la fleur principale, de la formation des futurs sacs polliniques (*fig.* 7*a*, *sp*). La figure 9 montre la naissance sous-épidermique, *ise*, de l'ovule, *ov*. Cependant le développement de la deuxième fleur f_2 se poursuit; elle initie ses deux premiers sépales *s* (*fig.* 10).

En conclusion, les bourgeons floraux de *Beta*, formés par la première assise du *corpus*, sur les flancs de l'apex reproducteur, donnent d'abord un *massif de cellules uniformément méristématique* sur lequel des *mitoses périclines sous-épidermiques* soulèvent successivement, les sépales, l'androcée et le gynécée. Les glomérules sont constitués d'une fleur principale et d'une ou deux fleurs latérales naissant sur les flancs de la première fleur.

Explication des Figures.

Fig. 1 à 10. — Tests de Brachet; coupes longitudinales de bourgeons floraux ou de fleurs.

Fig. 1. — Initiation d'un bourgeon floral par des mitoses périclines du *corpus c* à l'aisselle d'une bractée *b*.

Fig. 2 et 2 *a*. — Phase plus évoluée : répartition uniforme des A. R. N. (*fig.* 2) et des mitoses (*fig.* 2 *a*).

Fig. 3 et 3 *a*. — Élargissement latéral du bourgeon précédant l'initiation des deux premiers sépales.

Fig. 4. — Initiation sous-épidermique des deux premiers sépales *sa* et *spo*, de la fleur principale; naissance de la bractée b_1 et du bourgeon floral, *f*2, de la deuxième fleur.

Fig. 4 *a*. — Détail histologique (*voir* texte).

Fig. 4 *b*. — Schéma montrant l'ordre d'apparition des sépales.

Fig. 5. — Initiation de deux des cinq mamelons androcéens *an*.

Fig. 6. — Croissance de la deuxième fleur f_2 à l'aisselle de sa bractée, b_1. (La section du sommet est ici latérale.)

Fig. 7. — Accroissement de la zone axiale, *za*, de la première fleur avant l'apparition des pièces carpellaires.

Fig. 7 *a*. — Coupe schématique montrant l'organisation de la première fleur avant l'initiation du gynécée.

Fig. 8. — Mitoses sous-épidermiques, *mse*, initiant les pièces carpellaires.

Fig. 9. — Initiation sous-épidermique, *ise*, de l'ovule, *ov*.

Fig. 10. — Initiation des deux premiers sépales, *s*, de la deuxième fleur, f_2.

af, axe florifère; *an*, androcée; *b* et b_1, bractées de la fleur principale et de la deuxième fleur du glomérule; *bic*, bord interne du carpelle; *s*, sépale; *sl*, sépale latéral; *sp*, sac pollinique.

(1) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 3177.
(2) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 2390.
(3) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 2393.

(Laboratoire de Botanique de l'École Normale Supérieure.)

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Triple particularité de la prophase hétérotypique chez* Impatiens Balfourii. Note de Mme **Jacqueline Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

La prophase hétérotypique de cet *Impatiens* est caractérisée par une hétérochromasie des chromosomes persistant jusqu'au début de la diacinèse, par la présence d'un stade à chromosomes diffus et par la formation d'associations multivalentes (1 XIV-valent à 7 II).

En étudiant la méiose de la cellule-mère des mégaspores de cet *Impatiens*, dans le but de préciser le comportement des noyaux ♀ et de le comparer à celui des noyaux ♂, nous avons constaté que les stades de la prophase hétérotypique offraient un aspect très aberrant, chez les uns comme chez les autres.

Trois phénomènes différents concourent à la réalisation de cet aspect.

Tout d'abord, les chromocentres présents dans le noyau interphasique, au lieu de disparaître progressivement au cours des premiers stades prophasiques, comme ils le font dans les espèces euchromocentriques étudiées jusqu'alors, persistent bien au-delà du pachytène. L'hétérochromatine reste ainsi rassemblée en un certain nombre d'amas très chromatiques et très volumineux. Par contre, les portions euchromatiques et filamenteuses des chromosomes sont anormalement pauvres en acide désoxyribonucléique et se colorent à peine, tant par la technique de Feulgen que par les réactifs basiques habituels. Cette situation persiste jusqu'en diacinèse, les extrémités euchromatiques étant alors ramenées contre la portion centrale hétérochromatique de chaque chromosome pour former des gemini massifs.

Au pachytène, les chromosomes appariés se présentent donc sous une double forme, leur zone hétérochromatique est ramassée en un corpuscule dense d'où s'échappent, de part et d'autre, les filaments euchromatiques peu colorés. Le phénomène n'est cependant pas très accentué, et, mise à part la présence des chromocentres, ce stade offre un aspect classique. Mais, un peu plus tard, la différence de structure entre les deux sortes de chromatine s'accentue. Les corpuscules deviennent de plus en plus globuleux et volumineux, tandis que les filaments s'allongent, s'amincissent et perdent toute chromaticité. Le noyau passe par un stade à chromosomes diffus au cours duquel sa structure est très analogue à celle de l'interphase :

on voit des chromocentres bien délimités insérés sur un fin réseau incolore à peine repérable. Néanmoins, le nombre de chromocentres est réduit de moitié, chacun représentant les zones hétérochromatiques confondues des deux chromosomes homologues d'un même gemini ($n = 7$).

D'ailleurs, la situation n'est pour ainsi dire jamais aussi simple. Car, dès le synizésis, les chromosomes forment des associations multiples. En effet, les chromocentres se réunissent alors à plus de deux et se fusionnent apparemment en chromocentres collectifs multivalents. Ces associations se maintiennent jusqu'en diacinèse. Auparavant le nombre de chromocentres présents dans le noyau est donc presque toujours inférieur à 7. Au pachytène, on observe également des appariements multiples et parasyndétiques entre les segments euchromatiques des chromosomes.

En diacinèse, les gemini sont attachés les uns aux autres en associations multiples analogues à celles qu'on connaît chez l'Œnothère, la Campanule, le Tradescantia, etc. Cette organisation ne semble influencer en rien le cours ultérieur de la méiose qui se déroule de façon parfaitement régulière.

Ces observations soulèvent plusieurs problèmes : elles révèlent l'existence d'une situation génétique particulière dans le genre *Impatiens*, situation qu'il sera intéressant d'élucider par la réalisation et l'étude cytologique d'hybrides intervariétaux et interspécifiques. Elles mettent en évidence un type de prophase méiotique peu connu dans le règne végétal.

Enfin, elles posent la question du mécanisme de la formation des associations multiples dans ce cas particulier et du rôle possible de l'hétérochromatine dans ces phénomènes qui aboutissent à la réunion de plus de deux chromosomes homologues sur une partie notable de leur longueur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du cuivre sur la croissance et le système enzymatique de* Nectria galligena *Bres.* Note de Mlle JEANNE BERDUCOU, présentée par M. Raoul Combes.

Le cuivre, incorporé sous forme de sulfate au milieu de culture, active la croissance de *Nectria galligena* si la dose ajoutée excède 1 mg/l. Ce métal favorise la production de tyrosinase par le champignon ; cette enzyme a une activité d'autant plus grande que la teneur en cuivre du milieu est plus élevée.

Les travaux de nombreux chercheurs (Forster, Mulder, Grewal) [1] prouvent que le cuivre est un élément essentiel pour la croissance des champignons. Le mécanisme qu'il joue dans la nutrition est encore un peu obscur. Il est bien établi, cependant, depuis les recherches de Kubowitz [2] que ce métal est un constituant de certaines oxydases présentes dans de nombreux champignons.

L'étude de l'influence de cet élément sur le comportement de cultures de *Nectria galligena* Bres. Ascomycète hypocréale, a été entreprise et ainsi conduite :

— milieu de culture Knop au 1/2 + 30 g glucose + 13 g agar-agar purifié par litre;

— doses de sulfate de cuivre « RP » ajoutées par litre : 0,001, 0,01, 0,1, 1, 4 et 10 mg; le même substratum sans addition de cuivre servant de témoin;

— pH ajusté dans tous les cas à 5,6; cultures installées dans des tubes inclinés de 2 cm de diamètre contenant 30 ml de milieu; récipients et milieux stérilisés à 110°; même volume de filaments ensemencé dans tous les cas; température de l'étuve maintenue à 24°, degré hygrométrique à 75 %.

Les constatations suivantes ont été faites : les faibles concentrations de sulfate de cuivre ne modifient pas la croissance normale de *Nectria galligena*; par contre, dès le quatrième jour de culture, le feutrage mycélien qui occupe une zone de 10 mm de diamètre dans le cas du témoin, mesure 20 mm dans les tubes renfermant 4 et 10 mg de SO_4Cu et, douze jours après l'ensemencement, le mycélium recouvre tout le milieu dans ces tubes, alors qu'il faut au témoin 25 à 30 jours de croissance pour obtenir le même résultat. Les poids secs mycéliens établis après 15 jours de culture confirment la stimulation de la croissance de *Nectria galligena* par des doses relativement élevées de sulfate de cuivre (tableau I).

TABLEAU I.

Poids sec moyen en milligrammes (cinq cultures) de N. galligena *cultivé en présence de différentes doses de sulfate de cuivre.*

Sans addition de SO_4Cu.	Milieu de base Knop au 1/2. Concentrations en SO_4Cu (mg/l) 0,001.	0,01.	0,1.	1.	4.	10.
45	45	45	45	60	70	65

L'activation de la croissance ainsi établie, nous avons pensé qu'il pouvait y avoir un rapport entre ce fait et une modification du système enzymatique de *Nectria galligena* sous l'influence du cuivre. Pour résoudre ce point plusieurs séries d'expériences ont été conduites. Un contrôle du milieu témoin Knop 1/2 par l'emploi de la dithizone ([3]) a permis d'y déceler des traces de cuivre de l'ordre de 100 µg/l. La recherche des cuproprotéides a été faite dans le milieu normal. et dans les milieux contenant 1 et 4 mg de sulfate de cuivre. Qualitativement la présence de tyrosinase a été mise en évidence par le test de Mc Leod : une solution aqueuse de

chlorhydrate de *p*-diméthylphénylène diamine se colore en rose en présence de cette oxydase. La coloration très faible, mais existante, dans le milieu témoin était très intense dans les cultures réalisées en présence de 4 mg de sulfate de cuivre. La mesure de l'activité de la tyrosinase a été effectuée, à partir de cultures installées sur milieu liquide, par la méthode titrimétrique de A. Bach modifiée par H. Haen et J. Stern ([4]) basée sur l'oxydation, par une solution titrée de MnO_4K, du composé mélanique formé aux dépens de la tyrosine prise comme substrat. On considère que l'activité de l'enzyme est proportionnelle à la quantité de permanganate utilisée pour l'oxydation, soit v, le nombre de centimètres cubes de MnO_4K utilisés pour le milieu expérimental, v' le nombre de centimètres cubes utilisés pour le témoin : $V = v - v'$ mesure l'activité de la monophénoloxydase du matériel étudié.

Dans le cas qui nous intéresse, nous trouvons en opérant sur 20 mg (poids sec) de filaments mycéliens traités suivant le protocole expérimental indiqué :

$V = 7,4$ (milieu Knop 1/2 sans addition de SO_4Cu),
$V = 12,2$ (» » + 1 mg de SO_4Cu),
$V = 18,8$ (» » + 4 mg de SO_4Cu).

L'activité enzymatique est donc faible lorsque le milieu de culture dans lequel pousse le champignon ne contient que des traces de cuivre. Pour que la production d'enzyme soit accrue, cet élément s'avère indispensable à dose relativement élevée, lorsque l'organisme est cultivé sur solution Knop au demi.

En conclusion, *Nectria galligena* rentre dans les espèces produisant de la tyrosinase, fait qui, à notre connaissance, n'a pas été signalé. La stimulation de la croissance de cette Ascomycète est liée à la présence d'une quantité définie de cette enzyme dont l'activité dépend de la teneur en cuivre du milieu.

([1]) J. W. Forster, *Botan. Rev.*, 5, 1939, p. 207-239; E. G. Mulder, *Ann. ferm.*, 71, 1938, p. 513-533; J. S. Grewal, *Lloydia*, 19, 1956, p. 188-191.
([2]) F. Kubowitz, *Biochem.*, *Z.* 292, 1937, p. 221-229.
([3]) *Techniques de Laboratoire*, Masson, Paris, 1954.
([4]) A. Brunel, *Traité pratique de Chimie végétale*, Georges Frère, Tourcoing, 1949.

(*Laboratoire d'Agronomie générale,*
École Nationale Supérieure Agronomique, Toulouse.)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les phialides et phialospores produites par* Madurella mycetomi. Note (*) de M. **Gabriel Segretain**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des phialides formant des phialospores agglutinées en têtes ou en chapelets sont produites isolément ou sur des arbuscules par la plupart des souches de *Madurella mycetomi*, cultivées sur milieux pauvres. Cette sporulation est en rapport avec la formation de sclérotes. Une nouvelle définition de *Madurella mycetomi* est donnée.

Madurella mycetomi Brumpt [1] est l'agent le plus fréquent des mycétomes fongiques ou maduromycoses. Or, c'est un champignon difficile à identifier en raison : 1° de la diversité de la morphologie macroscopique des différentes souches; 2° du polymorphisme d'une même souche; 3° de la pauvreté des caractères d'identification, et 4° de l'absence de pouvoir pathogène chez l'animal. En effet, *Madurella mycetomi* est défini comme un champignon filamenteux dont les hyphes produisent des chlamydospores, qui brunit les milieux de culture sucrés et qui est pathogène pour l'homme, produisant des mycétomes où le champignon est localisé dans des grains noirs.

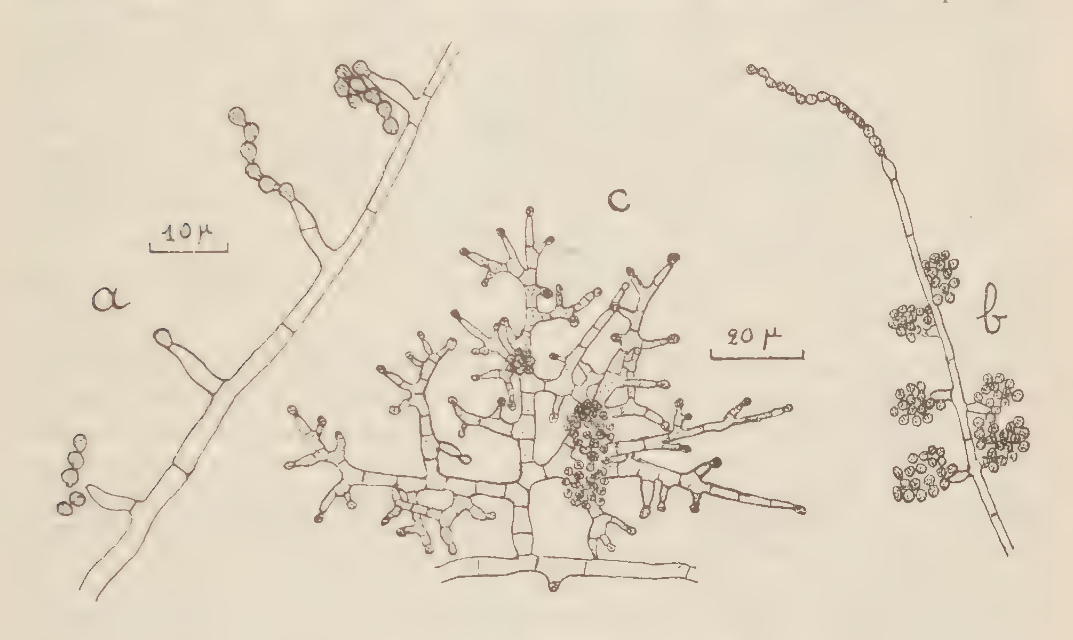
D'autres caractères du champignon ont été découverts récemment : une croissance optimum à 37° et l'absence d'utilisation du saccharose [2], [3]; la formation de spores de type aleuries [4] et de phialides produisant des phialospores [5]. Ce dernier caractère fut découvert par Borelli chez deux souches de *M. mycetomi.*

Au cours d'une étude que nous avons entreprise sur les mycétomes d'Afrique [6], [7], nous avons dû déterminer un nombre important de souches. Avant la publication de Borelli, nous avions observé la formation de phialides formant des phialospores.

Ces phialides (*fig.* 1*a*) sont de courts articles de 8 à 10 μ de long sur 2 à 4 μ de large, à peine renflés dans leur tiers supérieur et qui s'amincissent plus ou moins rapidement à leur extrémité. Elles sont le plus souvent isolées, fixées directement sur un filament septé, perpendiculairement à lui et s'en séparent par une membrane. On peut rencontrer deux ou trois phialides rassemblées sur un court article parfois septé, perpendiculaire au filament. Leur extrémité produit successivement des spores piriformes puis arrondies de 3 μ de diamètre, à parois épaisses, qui s'isolent par une membrane. Ces spores, probablement légèrement visqueuses (myxospores) forment en général de petits amas arrondis coiffant l'extrémité de la phialide; plus rarement, quand la phialide est au contact du milieu de culture, ces spores peuvent rester en chaînette (*fig.* 1*b*). Ces assemblages de spores sont très labiles et facilement détruits lors du montage de la préparation.

Certaines souches produisent une telle quantité de spores que dans les préparations, leur amas forme de larges plages.

Les spores de type aleurie semblables à celles décrites par Abbott sont également produites à l'extrémité d'articles courts, disposés comme les phialides, mais pouvant également se trouver rassemblés à l'extrémité d'arbuscules plus ou moins compliqués. Nous pensons que ces articles qui ne portent qu'une seule spore ont la valeur d'une phialide.



Ils en ont la forme et la disposition perpendiculaire au filament ou à la ramification qui les porte. Si ces articles ne produisent qu'une seule spore, c'est parce qu'ils se forment dans la gélose qui peut gêner la libération de la spore terminale et empêcher ainsi la formation des autres spores. En effet, les phialides donnant des spores en amas ou en chaînettes sont essentiellement aériennes. Certains arbuscules compliqués, situés sous la surface de la gélose et qui portent une seule spore à l'extrémité de chaque article terminal, forment des amas de spores à leur partie supérieure au contact de l'air, ce qui indique le fonctionnement d'une phialide (*fig.* 1*c*).

Cette production de phialides et de phialospores est un caractère sinon constant, du moins très fréquent chez *Madurella mycetomi*. Onze souches sur seize entretenues depuis au moins deux ans en collection ont produit cette morphologie. Sur 16 souches récemment isolées, deux seulement n'ont pas produit ce caractère, les 14 autres ayant donné des phialides avec amas de spores bien visibles.

Cette morphologie particulière ne se manifeste en général que sur des

milieux peu propres au développement du champignon qui ne forme au-dessus de la surface du milieu qu'un duvet très léger et discontinu. La gélose pomme de terre-carotte de Langeron est le milieu courant le plus favorable. Phialides et phialospores se rencontrent également en culture sur gélose à l'hydrolysat de caséine ou à l'asparagine sans sucre. Dans la gélose de ces milieux, se forment également des sclérotes noirs, morphologie classique chez *Madurella mycetomi*. Le rapport entre ces deux formations de phialides et de sclérotes est le suivant : toute souche qui produit des sclérotes, forme également des phialides et l'on trouve de préférence ces dernières dans le duvet aérien situé au-dessus des sclérotes; cependant, les phialides peuvent se former en l'absence de sclérotes. La perte de production de ces deux éléments morphologiques par une souche, serait due à des variations ou mutations fréquentes chez ces champignons en culture ou même dans le grain parasitaire.

La définition de *Madurella mycetomi* doit donc être modifiée de la manière suivante :

Champignon produisant des colonies d'aspect très variable, à revers brun, brunissant les milieux de culture glucosés ou maltosés, et pouvant former des sclérotes noirs dans le milieu; filaments de 1 à 8 μ de diamètre portant : 1° des chlamydospores de 10 à 25 μ de diamètre, terminales, intercalaires ou en chapelet, et 2° directement sur filament ou sporophore ramifié, des phialides formant des phialospores hyalines, piriformes ou rondes, agglutinées en têtes sphériques ou disposées en chapelet; agent chez l'homme de mycétomes à grains noirs formés de filaments, de vésicules et d'un ciment brunâtre.

Ces phialides produisant des spores agglutinées en têtes ont été comparées par Borelli au mode de sporulation des *Cephalosporium*. Ce rapprochement nous semble judicieux, et nous comparerons de même les arbuscules avec phialides terminales, trouvés chez *M. mycetomi*, au mode de fructification des *Trichoderma*; c'est l'absence de conidiophore dressé qui nous empêche de rattacher l'espèce *mycetomi* à ce dernier genre.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) E. Brumpt, *C. R. Soc. Biol.*, 58, 1905, p. 997.

(2) J. E. Mackinnon, *Ann. Fac. Med. Montevideo*, 36, 1951, p. 197.

(3) J. E. Mackinnon, *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 48, 1954, p. 470.

(4) P. Abbott, *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 50, 1956, p. 11.

(5) D. Borelli, *Bol. Lab. Clin.*, 2, 1957, n° 1-2.

(6) R. Camain, G. Segretain et O. Nazimoff, *Semaine des Hôp.*, *Path. et Biol.* (*Arch. Biol. Méd.*), 5, 1957, p. 923.

(7) G. Segretain, *Semaine des Hôp.*, *Path. et Biol.* (*Arch. Biol. Méd.*), 5, 1957, p. 951.

(*Service de Mycologie et de Physiologie végétale. Institut Pasteur.*)

ZOOLOGIE. — Armorhydra janowiczi, *n. g.*, *n. sp.*, *Hydroméduse benthique.* Note (*) de MM. **Bertil Swedmark** et **Georges Teissier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Parmi les éléments caractéristiques de la faune des sables grossiers de la région de Roscoff se rencontre, en populations toujours clairsemées, un Hydrozoaire nouveau dont l'organisation est celle d'une Méduse Craspédote, mais dont l'apparence est celle d'un Polype dépourvu de région pédieuse. Nous l'avons nommé *Armorhydra janowiczi* n. g., n. sp., et pensons qu'il doit constituer le type d'une nouvelle famille, celle des Armorhydridées.

Le corps très contractile, ovoïde ou en amphore chez l'animal au repos, mesure chez l'adulte de 1,5 à 2 mm sur 1 à 1,5 mm. Quand l'*Armorhydra* se déplace, par un mouvement de reptation, le corps parcouru par des ondes péristaltiques s'allonge jusqu'à atteindre 4 mm; contracté, il devient plus large que long. La région aborale a une extrémité arrondie ou ogivale qui ne présente aucune différenciation permettant une fixation, même temporaire.

Les tentacules, très contractiles également, sont disposés en une couronne unique, mais sont de deux sortes. Les uns sont filiformes et les autres, deux ou trois fois moins nombreux, s'élargissent en palette, leur extrémité constituant un organe adhésif très efficace. Leur nombre s'accroît au cours de la vie, les plus petits individus observés en ayant 8, les plus grands plus de 30. La structure des tentacules adhésifs est, dans sa partie cylindrique, la même que celle des tentacules filiformes, l'axe endodermique étant dans les deux cas, constitué par une seule file de cellules chordales. Les cnidocystes sont aussi de même nature; ce sont des glutinants du type *p*-mastigophore microbasique, mesurant en moyenne 10 μ, dont la hampe armée, trois fois plus large que le tube distal, mesure environ 30 μ. La palette terminale des tentacules adhésifs correspond à un élargissement de l'endoderme, dont les cellules cessent d'être alignées, et à un épaississement de l'ectoderme, où les glutinants sont particulièrement nombreux.

La surface hémisphérique comprise entre les tentacules, qui la cachent le plus souvent, est percée en son centre d'un orifice parfaitement circulaire.

L'*Armorhydra* est entièrement dépourvue de cils et ne se déplace que par des mouvements musculaires, soit en rampant, soit, plus fréquemment, en se halant sur ses tentacules adhésifs préalablement fixés à des grains de sable. Elle se nourrit de très fins débris ou de microorganismes et sa cavité gastrale renferme presque toujours des restes de Diatomées.

Les coupes permettent de constater que l'organisation de l'*Armorhydra*

est très différente de celle que laissaient prévoir son aspect extérieur et son comportement. L'ouverture terminale n'est pas une bouche, mais l'orifice d'une membrane tendue à la surface du cône buccal auquel elle n'est pas attachée. Cette membrane est formée de deux feuillets ectodermiques accolés, le feuillet externe se raccordant à l'ectoderme qui revêt la surface extérieure de l'animal, le feuillet interne se prolongeant parallèlement au feuillet externe jusqu'aux environs de l'extrémité aborale.

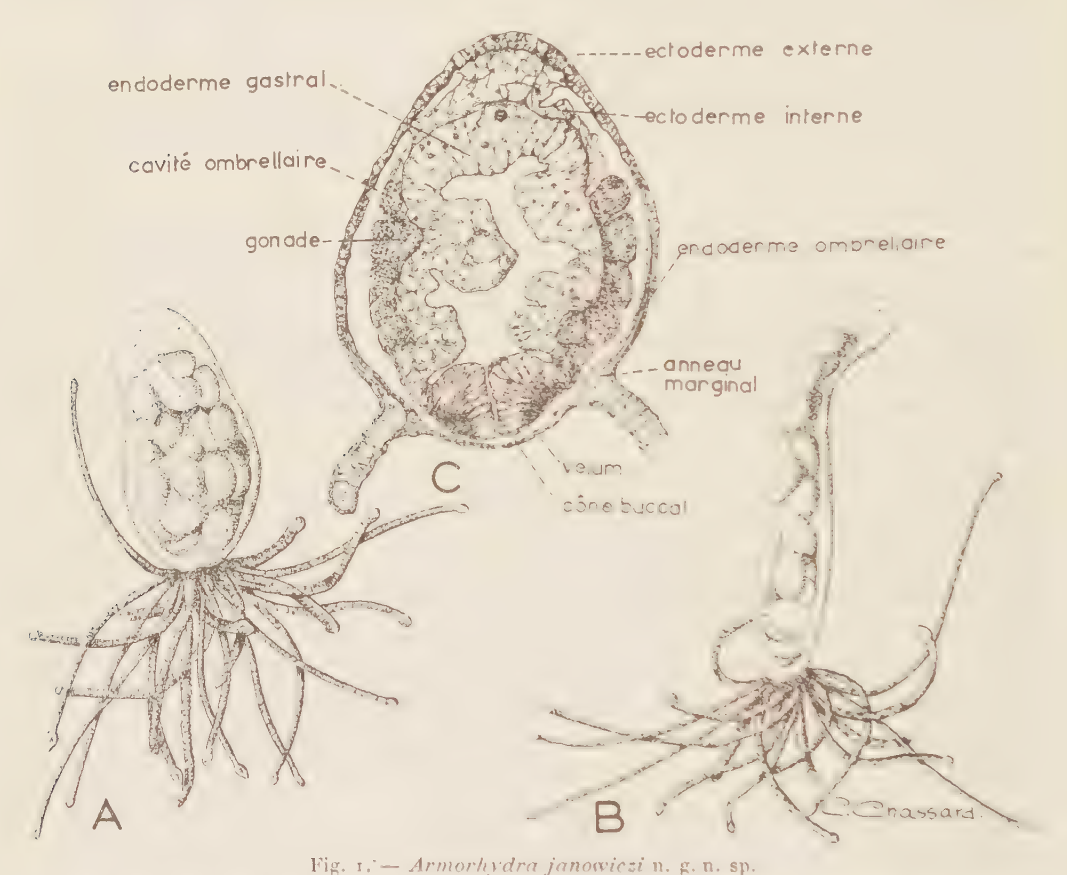


Fig. 1. — *Armorhydra janowiczi* n. g. n. sp.
A et B, deux attitudes d'une *Armorhydra* femelle adulte (× 30). C, coupe sagitale d'un mâle adulte.

Dans la région orale, les deux feuillets ne sont séparés que par une très mince lame de mésoglée et ne sont constitués que par une couche de cellules épithéliales. Au-delà de la couronne de tentacules, le feuillet interne est composé de deux couches de cellules myoépithéliales, l'une à fibres circulaires, l'autre à fibres longitudinales, et est séparé de l'ectoderme externe par un feuillet endodermique, recouvert sur chacune de ses faces par une fine lame de mésoglée. A l'extrémité aborale, l'ectoderme interne s'épaissit en un massif parenchymateux, dans lequel s'enchâsse le sac endodermique gastral. Il se réfléchit sur la surface de ce sac pour se

raccorder à l'épithélium qui le recouvre. L'endoderme est fait d'une assise de grosses cellules vésiculeuses dans sa partie profonde et de hautes cellules à mucus au niveau du cône buccal.

On reconnaît dans cette description l'organisation typique d'une Méduse Craspédote. La membrane recouvrant le cône buccal est le velum, l'ectoderme externe est la surface de l'exombrelle, l'ectoderme interne recouvre la sous-ombrelle et le manubrium. Mais, dans notre espèce, la lame ombrellaire est au contact immédiat de l'ectoderme exombrellaire et de l'ectoderme sous-ombrellaire, la mésoglée de l'ombrelle n'étant pas plus développée que celle du manubrium ou des tentacules et aussi mince que celle des polypes les plus simples; le manubrium est si volumineux qu'il remplit complètement la cavité sous-ombrellaire. Nous n'avons pas trouvé de traces certaines de canaux radiaires; il existe en revanche un anneau marginal endodermique, auquel se raccordent l'endoderme des tentacules et la lame ombrellaire. Il n'existe ni organe sensoriel ni anneau nerveux.

Les sexes sont séparés. Les éléments reproducteurs se développent, en refoulant l'endoderme vers l'intérieur, à partir de gonies alignées en six ou huit files longitudinales sur toute la longueur de la partie gastrale du manubrium. Chez des femelles de grande taille chaque file peut compter de cinq à sept ovocytes mesurant 150 ou 200 μ en moyenne; chez les mâles on peut compter autant d'amas spermatiques ayant même forme globulaire et mêmes dimensions. Nous n'avons pas encore observé la ponte et les plus jeunes individus rencontrés ne différaient des adultes que par la taille, le petit nombre de tentacules (12, 10 ou 8) et l'absence d'éléments sexuels.

Les caractères de l'*Armorhydra* sont assez particuliers pour qu'on soit en droit de créer pour elle une nouvelle famille, celle des Armorhydridées, qui ne peut être rattachée avec certitude à aucun des Ordres d'Hydroméduses actuellement établis. Tant que le cycle d'*Armorhydra janowiczi* n'aura pas été étudié, il ne sera même pas possible de savoir s'il convient d'en faire une Trachylide ou une Leptolide.

(*) Séance du 16 juin 1958.

ANTHROPOLOGIE. — *L'évolution du crâne et la gravitation.* Note de MM. **Antoine Delattre** et **Raphaël Fenart**, présentée par M. Robert Courrier.

L'évolution morphologique du crâne s'est faite en rapport avec la gravitation par l'intermédiaire de l'appareil vestibulaire.

L'hominisation est faite de multiples processus portant sur diverses parties du corps. L'ensemble de ces transformations donne la forme

humaine et il est légitime de penser qu'elles se sont effectuées simultanément et ont entre elles des liens. Ceux-ci sont parfois évidents et parfois simplement soupçonnés. Nous ignorons souvent aussi la cause de certains processus évolutifs même très importants. Sous quelles influences, par exemple, la morphologie dentaire se modifie-t-elle ? Pourtant cette ignorance totale n'empêche nullement les paléontologistes de déterminer et de classer certaines pièces crâniennes uniquement d'après les caractères dentaires. Un autre témoignage évident de l'hominisation est l'augmentation du volume relatif des centres nerveux et de la complexité de leur agencement; mais nous ne savons rien des causes de cet accroissement aussi singulier que caractéristique, qui trouve chez l'homme son plein épanouissement. Cette tendance indiscutable n'est pas expliquée.

A côté de ces processus dont le déterminisme nous échappe encore, existent des modifications dont l'analyse attentive permet de trouver la cause. Or, sans aucun doute des corrélations existent entre tous ces changements évolutifs partiels dont la somme est l'hominisation totale. Établir l'origine et suivre le déroulement d'un processus particulier c'est donc projeter une lueur sur l'ensemble des processus.

Bien entendu l'étude particulière de l'évolution du crâne ne prétend pas résumer et dominer tous les autres phénomènes évolutifs, ni résoudre le problème entier de l'évolution progressive qui a conduit à la forme humaine. Mais nous pensons qu'elle représente un aspect très important du processus évolutif général, aspect qui permettra peut-être d'ouvrir d'autres perspectives de recherches et d'amener ainsi d'autres explications à cette question passionnante de l'hominisation.

L'animal est un tube digestif ambulant. La première fonction qui, chez lui, doit être satisfaite est la fonction de nutrition. C'est pourquoi la tête peut être considérée avant toute chose comme une mâchoire. Chez les Vertébrés elle est véhiculée par les membres, avertie par l'odorat, alertée par l'ouïe, éclairée par la vue, orientée par l'action conjuguée vestibulo-cérébelleuse et dirigée par l'encéphale. Les membres, le corps et les organes des sens sont à son service.

L'embryologie, l'anatomie comparée, la physiologie nous montrent les rapports étroits entre la mandibule et les appareils vestibulaires droit et gauche, contenus dans l'épaisseur des os pétreux. Tout se passe comme si la mandibule et le massif maxillaire supérieur étaient suspendus aux labyrinthes, eux-mêmes surélevés au-dessus du sol par le tonus des muscles du tronc et des membres, soumis aux stimulus labyrinthiques.

Nous avons expliqué que la transformation morphologique du crâne au cours de la phylogénèse comme de l'ontogénèse est déterminée en grande partie par une rotation de l'ordre de 90° environ de la région occipitale et de la loge cérébelleuse. Elle s'accomplit autour de l'axe vestibien ou

ligne qui réunit les centres des deux canaux semi-circulaires latéraux. Le crâne se développe et se transforme autour de ces appareils vestibulaires et ce mode de développement est biologiquement et physiologiquement nécessaire.

L'appareil vestibulaire représente l'union physique entre le crâne de tous les Vertébrés et la planète. Grâce à cet appareil tout individu possède une sorte de personnalité dans l'espace. Il se situe correctement, sciemment ou inconsciemment, par rapport aux objets ou aux êtres qui l'entourent.

La gravitation, par l'intermédiaire de l'excitation labyrinthique qu'elle provoque, exige que la perpendiculaire au plan des canaux semi-circulaires latéraux soit parallèle à sa direction. La gravitation fixe la position des canaux latéraux. La force aveugle mais toujours présente de la gravitation a tracé la voie qui devait conduire les Vertébrés à l'épanouissement par l'arrière de leur boîte crânienne. Épanouissement en rapport avec le redressement du tronc et le déplacement du foramen magnum. Les diverses architectures crâniennes qui caractérisent les ordres de Vertébrés et les transformations des membres, marquent chacune une échappée vers une nouvelle forme de vie, dans le cadre des lois du Cosmos. La gravitation a dirigé les changements, les variations quelles qu'en soient les origines qui se sont effectuées dans l'extrémité céphalique. Seuls, ont été retenus par la nature, les tâtonnements qui pouvaient accommoder l'association anatomique et fonctionnelle vestibulo-mandibulaire d'une part, et d'autre part la boîte crânienne, avec la contrainte de la gravitation. La succession des formes céphaliques au cours de l'évolution progressive s'est encadrée dans cette seule possibilité ouverte à la condition terrestre. L'acquisition de la station érigée du corps et du cou marque chez l'Homme la fin de cette évolution morphologique du crâne des Mammifères. Seule, une augmentation globale du volume du crâne humain en rapport avec une augmentation du volume du cerveau « pourrait » intervenir. Mais nous n'envisageons ici que la forme du crâne et non son volume. La gravitation a tracé les limites de l'évolution morphologique du crâne, comme l'accroissement de l'encéphale en a commandé et en commandera éventuellement le volume.

(*Laboratoire de Craniologie comparée, Faculté Libre de Médecine, 56, rue du Port, Lille.*)

MORPHOGENÈSE. — *Sur l'origine des tissus dans la régénération caudale de* Polydora flava (*Clap.*) (*Annélide polychète*). Note (*) de M. **Yves Thouveny**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'étude histologique des premiers stades de la régénération céphalique du Spionidien *Polydora flava* (Clap.) montre qu'il n'entre pas en jeu dans

la formation du bourgeon de régénération d'éléments totipotents d'origine mésodermique pouvant être considérés comme de véritables « néoblastes » capables de fournir tous les tissus du régénérat. Chaque feuillet provient du feuillet ancien correspondant (1).

En vue de préciser si de tels éléments participent aux processus de la régénération caudale, j'ai étudié histologiquement les principales étapes de cette régénération en les comparant à celles de la régénération céphalique.

La cicatrisation est parfaitement établie 16 h après la section. Le tube digestif qui fait saillie immédiatement après la section affronte les bords lésés de la paroi du corps de l'animal et rétablit la continuité entre l'ectoderme et l'endoderme ainsi qu'un anus fonctionnel. L'extrémité de la chaîne nerveuse sectionnée se trouve recouverte par les cellules cicatricielles qui restent munies de leur cuticule. Dans la régénération antérieure au contraire, des cellules épidermiques dépourvues de cuticule émigrent en direction de l'axe de l'animal et rétablissent la continuité ectodermique, la bouche ne se formant que secondairement. De plus, la cicatrisation postérieure est moins influencée que la cicatrisation antérieure par la contraction des fibres musculaires, celle-ci étant moins importante du côté postérieur que du côté antérieur. A ce stade, le mésoderme subit une dédifférenciation active plus précoce que dans la régénération antérieure. Il remplit la cavité du segment lésé et se présente sous la forme d'un mésenchyme dense avec par endroits des sarcolytes. Les lacunes sanguines sont moins nombreuses et moins volumineuses que dans le bourgeon céphalique. Aucune limite nette n'apparaît entre la chaîne nerveuse et les cellules mésodermiques dédifférenciées. Les fibres nerveuses sont ainsi en contact avec l'ectoderme et le mésoderme du bourgeon.

Au stade 24-36 h, les premiers indices d'activation s'observent à la fois dans l'épiderme et dans le mésoderme. Les cellules épidermiques activées apparaissent au contact de la chaîne nerveuse comme dans la régénération céphalique. Elles acquièrent un nucléole volumineux et un cytoplasme basophile. La coloration au vert de méthyle-pyronine indique ici aussi une concentration d'acide ribonucléique. De leur côté, au niveau de la terminaison des fibres nerveuses, quelques cellules mésodermiques dédifférenciées subissent une hypertrophie de leur noyau et de leur nucléole en même temps que leur cytoplasme devient basophile. Elles présentent à un stade plus avancé l'aspect des « néoblastes » tels qu'ils ont été décrits chez les Oligochètes. Ce sont de grosses cellules à cytoplasme basophile entourant un noyau très volumineux pourvu d'un gros nucléole. Aucun élément comparable n'est visible dans la régénération antérieure. Cependant l'hypothèse suivant laquelle ces élémentsé migrent des segments du corps de l'animal vers la surface de section doit être rejetée dans le cas de *Polydora flava*. Ces éléments se forment sur place et aucun autre élément possédant

cet aspect néoblastique n'a pu être observé dans les segments voisins du niveau de la section. S. Sicard-Bruslé a mis en évidence de tels éléments dans la régénération caudale de *Nereis massiliensis* (²) où leur apparition paraît postérieure à l'activation de l'épiderme. Chez *Polydora flava*, l'activation de l'épiderme et celle du mésoderme paraissent simultanées.

48 h après la section, les mitoses apparaissent dans l'épiderme cicatriciel du côté ventral. Plus tard, l'activité mitotique se propage du ventre au dos autour de l'anus et reconstitue les lobes pygidiaux. Devant l'ébauche pygidiale ventrale les cellules épidermiques se divisent activement et reconstituent la zone prépygidiale de bourgeonnement de nouveaux sétigères. Cette zone est formée par des cellules hautes, serrées les unes contre les autres et fortement basophiles. A l'intérieur du corps, les néoblastes mésodermiques se situent en regard de cette zone et constituent les bandes mésodermiques à partir desquelles se forment les dissépiments des segments régénérés.

En résumé, dans la régénération caudale comme dans la régénération céphalique, chaque feuillet du régénérat provient du feuillet ancien correspondant. La régénération caudale se distingue de la régénération céphalique par l'apparition dans le mésoderme de gros éléments à aspect néoblastique. Ces éléments ne paraissent pas subir de migration. Ils sont localisés dans la zone de bourgeonnement de nouveaux segments et ont une destinée purement mésodermique.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(¹) Y. Thouveny, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, mars 1958.

(²) S. Sicard-Bruslé, *Compte rendus*, 245, 1957, p. 1668.

MORPHOGENÈSE. — *Sur la « dominance » de la bouche des Actinies.* Note (*) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La reconstitution du pharynx et de la bouche dans un fragment d'Actinie (*Actinia equina* L.) totalement privé de ces organes est due à l'activité propre du tissu entéropharyngien de l'un ou d'un certain nombre des filaments mésentériques présents sur les cloisons principales (¹). La régénération du pharynx est indépendante du processus d'autorégulation (« symétrisation ») des systèmes méridiens bilatéraux qui détermine la régénération des cloisons et le rétablissement de la différenciation ectodermique aborale-orale.

Le tissu entéropharyngien flagellé peut être engendré par l'endoderme banal non flagellé; mais cette transformation irréversible, qui s'accomplit lors du développement normal d'une cloison dans un organisme turgescent

ne s'effectue pas, lors de la régénération, dans un fragment clos non encore turgescent. De plus, les filaments mésentériques ne montrent aucune tendance à engendrer un tube pharyngien dans un fragment turgescent déjà pourvu d'un tel organe. Le caractère typiquement singulier du pharynx régénéré par un fragment semble être la conséquence de cette « dominance » exercée par le premier pharynx fonctionnel régénéré.

En vue de préciser le mécanisme de cette « dominance » du pharynx et de la bouche, j'ai étudié systématiquement la destinée d'individus dans lesquels j'ai pratiqué une incision verticale sans amputation, sectionnant le pied, la colonne et le disque oral sans atteindre le pharynx. Ces entailles, faites à des distances variables de l'axe principal, isolent incomplètement de l'individu un composant dépourvu de pharynx, comparable à un fragment de lacération demeuré en relation avec la souche à l'une de ses extrémités. Le comportement des diverses cloisons a été étudié par reconstitution sur coupes sériées après plusieurs mois de régénération.

Même dans les cas où l'incision est très profonde, intéressant en deux points le sphincter oral et se traduisant par une incisure permanente du pied après cicatrisation, l'apparition d'un nouveau pharynx et d'une nouvelle bouche dans le composant partiellement isolé est exceptionnelle. Je l'ai observée chez deux individus seulement, dans des cas où l'entaille atteignait un couple directeur. Le processus aboutit à la séparation complète des deux composants par déchirement des tissus.

Dans la grande majorité des cas, le pharynx primitif demeure unique. Il continue à assurer la turgescence de l'ensemble. Les deux composants montrent une tendance à se resouder par leurs parties supérieures, la sole pédieuse demeurant profondément fendue. Cependant, la disposition des cloisons dans un tel individu est très anormale.

Les cloisons dont la destinée est la plus intéressante sont celles qui ont été séparées en trois fragments, pourvus chacun d'une portion de filament mésentérique : un fragment oral central, en relation avec le pharynx; un fragment aboral central; un fragment périphérique, lié aux parties périphériques du pied et de la colonne dans le composant isolé.

Un fragment oral, s'il demeure isolé ou s'il se soude à un fragment oral voisin, est incapable de toute croissance. Le plus souvent, il se réunit au fragment aboral central correspondant qui, lui, est capable de régénération, pour fournir une cloison qui remplace exactement la cloison atteinte dans la nouvelle paroi columnaire reconstituée.

Quant au fragment périphérique, lorsqu'il est pourvu d'une portion de filament mésentérique et affecté par la circulation de l'eau dans la cavité gastrique principale, il est le siège d'une symétrisation comparable à celle qui s'effectue dans un fragment de lacération. Symétrisation et genèse du pharynx par une cloison sont donc bien deux processus indépendants.

La cloison symétrisée peut affecter deux dispositions différentes :

1° Dans certains cas, la portion périphérique ancienne et la cloison qui en dérive par symétrisation sont en continuité à leur pôle oral pour constituer une cloison unique, insérée à la paroi du corps sur tout son pourtour, mais percée d'une fenêtre bordée d'un filament mésentérique. Même dans ce cas, la régulation du système méridien peut se manifester par une transformation de l'ectoderme columnaire en ectoderme discal à spirocystes et la régénération de tentacules. La régulation d'un système méridien bilatéral est indépendante de la présence d'un pharynx dans le méridien lui-même.

2° Dans d'autres cas, la cloison ancienne et la cloison symétrique, toujours en continuité par leur portion aborale et leur filament mésentérique, sont séparées à leurs extrémités orales et s'accroissent pour atteindre toutes deux le pharynx primitif sur lequel elles constituent des cloisons supplémentaires.

Le mode d'évolution d'un fragment de cloison périphérique semble dépendre de la précocité de la tendance à la coalescence manifestée par les deux composants. Mais, dans les deux cas, il apparaît que le fonctionnement du pharynx primitif, en assurant une circulation et une turgescence à l'intérieur de la cavité gastrique, dirige les réactions morphogénétiques du tissu entéropharyngien dans les cloisons en régénération et y inhibe très généralement la formation d'un nouveau pharynx.

En résumé, la présence d'un pharynx et d'une bouche assurant la turgescence d'un fragment d'Actinie tend à inhiber l'édification d'un autre pharynx. Cette dominance est de nature fonctionnelle, purement mécanique vraisemblablement. Elle diffère profondément de la dominance dans un champ morphogénétique.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) M. Abeloos, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2998 et 245, 1957, p. 727.

ENDOCRINOLOGIE. — *La surrénale chez le Rat en avitaminose* B_1 *et chez le Rat protégé par l'acide ascorbique.* Note (*) de M. **Paul Delost** et Mlle **Thérèse Terroine** (1), présentée par M. Robert Courrier.

L'avitaminose B_1 ne retentit pas sur le développement pondéral de la surrénale, mais elle modifie la structure du cortex surrénal : diminution de la fasciculée, hypertrophie de la réticulée, atrophie de la glomérulée ; seule, celle-ci paraît être spécifique de la carence en B_1. L'adjonction d'acide ascorbique au régime carencé augmente le poids des surrénales et s'oppose en partie aux modifications morphologiques.

L'expérimentation que nous avons entreprise chez le jeune Rat mâle soumis à la carence en vitamine B_1 pendant le développement post-natal,

a pour but, d'une part de rechercher si les diverses glandes endocrines présentent des modifications spécifiques au cours de cette avitaminose et, d'autre part, de voir si l'acide ascorbique est capable de les protéger. Nous avons indiqué dans un précédent Mémoire ([2]), que la réduction de l'activité thyréotrope hypophysaire constatée en carence aiguë de vitamine B_1 n'était pas spécifique, qu'elle devait être consécutive à la forte sous-alimentation provoquée par la carence et que l'action protectrice de l'acide ascorbique était due, au moins en partie, au maintien d'un appétit subnormal. Voici nos résultats concernant la surrénale.

Techniques. — De jeunes rats Wistar de sexe mâle âgés de 30 jours et pesant 60 g au début de l'expérimentation sont séparés en quatre lots de 10 à 12 individus chacun : 1° carencés en B_1 ; 2° carencés en B_1 traités tout au long de la carence par un supplément d'acide ascorbique (3 g % du régime) ; 3° témoins nourris *ad libitum* ; 4° témoins recevant une alimentation restreinte égale en quantité à celle qu'absorbent les rats carencés. Les animaux sont sacrifiés au bout de 30 jours, ce qui correspond pour les carencés à la période de carence aiguë ([3]). Les deux surrénales sont pesées, fixées au Bouin, puis étudiées histologiquement. Nous avons mesuré en microns la largeur moyenne du cortex surrénal total et des zones glomérulée, fasciculée et réticulée.

Poids du corps, poids absolu des deux surrénales, poids surrénalien relatif exprimé en 1/10 000e du poids du corps, largeur moyenne en microns du cortex surrénal total et des zones glomérulée, fasciculée et réticulée, chez les rats témoins, carencés en B_1 *et traités par l'acide ascorbique, âgés de 60 jours.*

Régimes.	Témoins *ad libitum.*	Témoins restreints.	Carencés en B_1.	Carencés en B + vitamine C.
Poids du corps (g).	170,5 ± 3,82	111,6 ± 2,75	67,9 ± 1,20	131,2 ± 2,69
» absolu des deux surrénales (mg)	29,9 ± 1,70	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Poids surrénalien relatif	1,75 ± 0,08	2,64 ± 0,13	4,47 ± 0,19	2,54 ± 0,10
Cortex total (μ)	846 ± 15,61	840 ± 23,25	838 ± 22,77	900 ± 20,21
Glomérulée (μ)	76 ± 3,58	71 ± 4,66	43 ± 3,97	77 ± 4,54
Fasciculée (μ)	569 ± 19,76	442 ± 31,96	364 ± 13,77	515 ± 20,20
Réticulée (μ)	195 ± 14,22	285 ± 27,25	380 ± 16,27	258 ± 22,12

Résultats. — 1. *Données pondérales.* — Le poids absolu des deux surrénales est le même chez les témoins et chez les animaux carencés. L'avitaminose B_1 n'a donc pas modifié le développement pondéral de la surrénale. L'adjonction d'acide ascorbique au régime de carence en B_1 a produit une augmentation du poids des surrénales de 12 % par rapport aux témoins et aux carencés (les différences sont hautement signifi-

catives : $p < 0{,}001$). La carence en B_1 a pour conséquence une forte élévation du poids surrénalien relatif par rapport aux témoins; cela est dû au fait que le développement pondéral des animaux carencés est complètement inhibé [illegible]. L'acide ascorbique, améliorant l'évolution pondérale de ces animaux, tend à maintenir un poids surrénalien relatif voisin de celui des témoins. De l'augmentation du poids surrénalien relatif chez les carencés en B_1, on ne doit pas déduire que l'avitaminose B_1 provoque une hypertrophie des surrénales, comme l'ont supposé plusieurs auteurs [4], [5], [6], [7]; le poids surrénalien absolu montre que l'évolution pondérale de la surrénale s'effectue normalement chez les animaux carencés en B_1.

2. *Données histologiques.* — Des modifications ont été constatées au niveau des trois zones du cortex surrénal : *a. glomérulée :* elle présente une importante atrophie chez les carencés en B_1, révélée par une réduction de 43 % de sa largeur par rapport aux témoins (différences hautement significatives : $p < 0{,}001$), et par une diminution du nombre et du volume de ses cellules qui sont nettement involuées. Cette atrophie de la glomérulée est caractéristique de l'avitaminose B_1, car elle ne se rencontre pas chez les témoins restreints. L'acide ascorbique s'oppose aux effets de la carence en B_1 sur la glomérulée et maintient une largeur et une structure voisines de celles des témoins; *b. fasciculée :* la structure des spongiocytes ne paraît pas modifiée ni par la carence ni par l'adjonction d'acide ascorbique. La largeur de la zone est fortement diminuée chez les carencés en B_1, mais pas d'une manière spécifique puisqu'il en est de même chez les témoins restreints bien qu'à un degré moindre; chez les carencés supplémentés en acide ascorbique la largeur de la fasciculée se rapproche de celle des témoins *ad libitum*; *c. réticulée :* elle subit une hypertrophie très marquée chez les carencés en B_1, qui porte à la fois sur la cellule et sur la largeur de la zone. Cette hypertrophie n'est pourtant pas caractéristique de l'avitaminose B_1 car elle se rencontre chez les témoins restreints; elle est toutefois plus importante chez les rats carencés. Chez les carencés traités par l'acide ascorbique l'état de la réticulée est intermédiaire entre celui des témoins *ad libitum* et celui des témoins restreints.

Conclusions. — La carence en B_1 produit une dissociation remarquable entre la croissance pondérale du corps et celle de la surrénale; alors que la première est totalement inhibée, la seconde s'effectue normalement. L'avitaminose B_1 entraîne des modifications de structure au niveau des trois zones du cortex surrénal; seule l'atrophie de la glomérulée paraît être spécifique de cette carence; la surrénale des carencés supplémentés en acide ascorbique est en grande partie protégée par la vitamine C.

(*) Séances du 30 juin 1958.

(1) Avec la collaboration technique de L. F. Buisson, H. Delost, G. Roux et A.-M. Vincent.

(2) P. Delost et T. Terroine, *C. R. Soc. Biol.*, 152, 8 mars 1958.

(3) On trouvera le détail de la composition des divers régimes dans : T. Terroine, *Arch. Sc. Physiol.*, 11, 1957, p. 273.

(4) F. R. Skelton, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 73, 1950, p. 516.

(5) B. Sure, *Endocrinology*, 23, 1938, p. 575.

(6) L. J. Pecora et B. Highman, *J. Nut.*, 51, 1953, p. 219.

(7) V. Capelli et D. Selva, *Bull. Soc. Ital. Biol. Sper.*, 31, 1955, p. 1139.

BIOLOGIE. — *Étude de l'effet des ultrasons sur* Paramecium caudatum. Note (*) de Mme **Hélène Mugard** et M. **Pierre Renaud**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Cette étude de l'influence des ultrasons sur les Paramécies, Infusoires Ciliés Holotriches, n'a été entreprise que pour élucider les problèmes que posent les effets léthaux des ultrasons sur *Trichomonas vaginalis*, signalés par l'un de nous au symposium de Reims (1). Notre choix s'est porté sur un Protozoaire de culture plus facile et de taille plus importante, donc permettant un examen cytologique plus aisé que *Trichomonas vaginalis*. Notre recherche sur l'ultrasonation de Paramécies, postérieure à celle de Woods (2), a été faite dans un esprit tout à fait différent; nous avons uniquement cherché les différentes conditions de mortalité des Ciliés.

Le générateur d'ultrasons (U. S.) est un appareil L. E. A. donnant une puissance maximum de 3 W/cm^2 à la fréquence 960 kc/s.

Les Paramécies sont traitées dans un tube à essais de mince paroi, incliné à 45° sur le faisceau ultrasonore et immergé dans de l'eau thermostatée à diverses températures. L'onde ultrasonore d'amplitude constante est appliquée en régime continu, soit en régime d'impulsions; la période d'itération est alors de 100 ms, la durée des impulsions étant de 2 000, 1000 ou 500 μs.

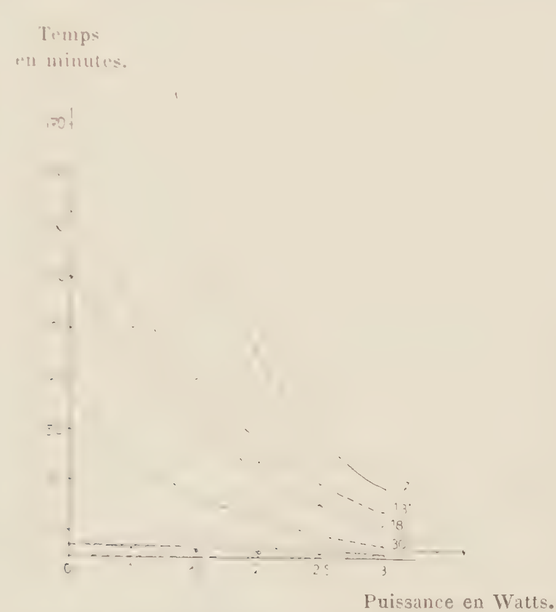
Pour les expériences, on a utilisé des Paramécies cultivées dans l'eau de blé diluée. Au début de chaque expérience le paramètre population est fixé à 100 individus pour 2 ml d'eau de blé, sauf pour l'étude de l'influence de la densité de population. Les 100 Paramécies sont amenées à la température d'ultrasonation.

Pour examiner la structure cellulaire des Paramécies, après ultrasonation, nous avons employé les méthodes d'imprégnation à l'argent de Chatton et Lwoff (3), la réaction nucléale de Feulgen, la méthode de coloration à l'azo-carmin, vert de méthyle (4), la double technique imprégnation à l'argent-Feulgen, et la réaction colorée d'Unna-Brachet.

Résultats. — Pour toutes les expériences, nous avons étudié les temps minimum *tm* et maximum *t* nécessaires à la mort d'un individu ou de la population entière, par éclatement.

1. *Variation du temps en fonction de la puissance ultrasonore* W, *à température* T *constante.* — De ces observations, nous avons pu tracer une série d'isothermes pour lesquelles $t = f\,(\mathrm{WT})$.

Les courbes de survie extrême ont une allure hyperbolique suggérant une relation d'inverse proportionnalité entre la puissance W et le temps de traitement t, donc mettant en évidence le rôle du travail $\mathrm{J} = \mathrm{W}t$. Mais, à 7°, pour les puissances 1 et 0,5 W, l'action des ultrasons est pratiquement nulle. Après 5 h d'exposition aux ultrasons la population est encore aux trois quarts intacte. La courbe isotherme 7° tend de ce fait vers l'infini.



Isothermes donnant les seuils léthaux et les survies extrêmes.
Au-dessous de la ligne terminée à droite par un astérisque, quelques individus éclatés; au-dessus, toute la population est détruite.

2. Au lieu de calculer J en fonction de la variable W et du paramètre T, nous avons directement calculé *les variations de* J *en fonction de la variable* T *et du paramètre* W, ce qui nous a permis d'établir le tableau suivant :

T (°C)	7.	13.	18.	30.
J (2 W)	8	5	4	2
J (3 W)	5	3,2	2,2	2,70

Dans un petit domaine de variation de T, par exemple entre 14 et 18°, pour 3 W, J passe de 2 à 3 kJ, donc augmente de 1 kJ ou de 240 cal, lorsque T diminue de 4°, ces 240 cal sont égales au produit de la variation de température (4°) par une masse en eau m exprimant la capacité thermodynamique des Paramécies. On trouve que m vaut 60 g, ce qui est énorme eu égard au poids de la population.

Cependant, il faut observer que les Paramécies ne reçoivent qu'une faible fraction de l'énergie ultrasonore et cela pour plusieurs raisons :

a. Les Paramécies se réfugient dans les plans nodaux et sont soumises ainsi à une fraction de l'amplitude maximum égale à 0,20 et à une fraction d'énergie égale à 4 % de l'énergie disponible dans un plan ventral;

b. En raison de sa faible réaction relativement à celle de la surface émettrice, un individu ne reçoit encore que 30 millionièmes de l'énergie émise.

En tenant compte de ces deux coefficients on arrive à 12 millionièmes pour les fractions d'énergie reçue par les individus qui meurent le plus tard, soit 6 mJ à 10' et à 3 W:

c. Enfin on observe que la survie des Paramécies est très affectée par la teneur en gaz dissous, ce qui concorde avec les résultats de Dognon et Simonot [5] pour l'hémolyse.

3. *Influence de la population sur le temps de survie maximum.* — Jusqu'à 1000 individus dans 4 ml, on a une relation la forme $t = A + B \log p$. Pour des valeurs supérieures de p, la courbe qu'on peut tracer à partir de ces variables s'infléchit, ce qui concorde avec les résultats signalés à la référence précédente [5].

4. *Cytologie.* — L'infraciliature de Paramécies éclatées n'est détruite qu'au point d'éclatement; sur ces Infusoires les cinéties sont normalement écartées et les cinétosomes sont intacts.

La zone péristomienne et les membranes vibratiles sont aussi bien visibles sur des Paramécies dont le protoplasme commence à s'écouler dans le milieu ambiant. Il semble que cette structure cellulaire soit une des plus résistantes aux effets des ultrasons.

Le macronucleus présente une diffusion chromatique chez des Paramécies touchées par l'onde ultrasonore, mais non encore éclatées. Après éclatement, le macronucleus est complètement déchiqueté en longues fibrilles.

Le micronucleus, lui, dans ce cas, est réduit à un petit amas chromatique de forme irrégulière. Enfin si le cytoplasme présente une vacuolisation apparente sur les Paramécies atteintes par les ultrasons, le taux d'acide ribonucléique semble inchangé.

En conclusion, on observe que les Paramécies meurent sous l'influence des ultrasons dans les conditions suivantes :

A. La température de traitement joue le rôle le plus important. Plus la température baisse et moins sont léthaux les ultrasons.

B. A température constante le temps de survie est une fonction décroissante de la puissance appliquée, ce qui est naturel.

C. A température constante, il apparaît qu'un certain travail est nécessaire pour obtenir l'anéantissement de la colonie; on peut l'estimer à 6 mJ par individu.

D. Le temps de survie d'une colonie est fonction croissante de sa population.

E. Les ondes ultrasonores semblent avant tout agir sur la membrane nucléaire du macronucleus, puis apparaît la vacuolisation du cytoplasme, et l'éclatement se produit au niveau de la vacuole contractile postérieure, sans que l'infraciliature soit en rien modifiée, sauf au point d'éclatement où elle disparaît complètement.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) C. Reulos et P. Renaud, *Action léthale des ultrasons sur les* Trichomonas vaginalis, Symposium de Reims, 1957, p. 1-5.

(2) R. N. Woods, *Proc. Soc. exper. Biol. Med.* (U.S.A.), 89, n° 3, 1955, p. 406-409.

(3) Chatton et Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, Paris, 108, 1930, p. 540.

(4) H. Mugard, *Bull. Micros. Appl.*, (2), 7, 1957, p. 350-352.

(5) Dognon et Y. Simonot, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1234; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 230; *J. Chim. Phys.* et *Phys. Chim. Biol.*, 46, 1949, p. 396.

BIOLOGIE. — *Sur un procédé de marquage des Abeilles butineuses au moyen d'un radioisotope.* Note (*) de MM. **Guy Courtois** et **Jacques Lecomte**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Une étude du comportement des Abeilles butineuses peut difficilement se concevoir sans l'emploi d'un procédé de marquage permettant une reconnaissance sûre et rapide des Abeilles d'une ruche donnée. Les procédés classiques étant difficilement appliquables aux plusieurs dizaines de milliers d'individus qui constituent la colonie, il est apparu qu'un marquage réalisé au moyen d'un radioisotope permettrait d'effectuer nombre d'observations irréalisables par ailleurs.

Ce type de marquage, déjà utilisé par de nombreux auteurs pour étudier les déplacements des animaux les plus divers, est d'ailleurs facilité dans le cas de l'Abeille par les continuels échanges de nourriture entre les individus. Nixon et Ribbands (1) ont étudié ces échanges, en faisant ingérer à quelques ouvrières un sirop de sucre contenant du phosphore radioactif. Ils ont ainsi montré que la répartition était très rapide; après 27 h, 43 à 60 % des Abeilles de la ruche contenaient la nourriture marquée. Il nous a semblé que la dose distribuée à chaque Abeille devait être relativement considérable afin de permettre une reconnaissance rapide sur le terrain. Une dose d'un microcurie par individu paraît présenter le minimum d'inconvénients. D'autre part, il est avantageux d'utiliser un émetteur de rayonnement γ, afin de n'être pas gêné dans nos reconnaissances par les divers écrans possibles : végétaux, parois de la ruche, etc.

En définitive, notre choix s'est porté sur l'or 198 dont la période

de 2,68 jours permet d'éviter les contaminations prolongées et annule pratiquement les risques d'accident. On peut se procurer facilement cet or sous forme de suspension colloïdale qui se laisse diluer dans du sirop de sucre à 50 % sans floculer, à condition de ramener le pH de cette dernière aux environs de 6 par l'adjonction d'acide tartrique.

Dans une expérience préliminaire, nous avons employé une ruchette contenant 0,3 ml de suspension colloïdale d'or dans 5 ml de sirop fut placé à l'extérieur de la ruchette. Dans les heures qui suivirent les Abeilles absorbèrent cette préparation dont l'activité était de l'ordre de 1 mC. Au bout de 24 h, 100 % des Abeilles examinées étaient marquées et il était possible de les détecter avec certitude à l'aide d'un scintillomètre portatif à des distances comprises entre 10 et 60 cm. A la 48e heure, les résultats étaient très comparables. Enfin, 72 h après la distribution du produit radioactif, il était encore possible de déceler les abeilles à des distances comprises entre 5 et 45 cm.

A cette date, il fut possible de constater que toute la radioactivité était concentrée dans le tube digestif et son contenu, aucune radioactivité décelable par notre appareil n'existant par ailleurs. Un essai fut alors réalisé sur une ruche de type normal située dans le rucher experimental de Pougnadoresse (Gard). Cette ruche était peuplée d'environ quarante mille Abeilles. Un nourrisseur contenant 1 l de sirop de sucre à 50 % et 5 ml de suspension d'or colloïdal d'une activité d'environ 40 mC fut placé à l'intérieur de la colonie, le 11 juin à 18 h. Le 12 juin à 9 h sur 55 Abeilles butineuses capturées au trou de vol, 35 furent décelées par le scintillomètre, soit environ 63 %. Le 12 à 9 h, 45 sur 50, soit environ 90 %, enfin les 13, 14, 15 et 16 juin, 50 sur 50 des butineuses prélevées au trou de vol étaient nettement marquées. Le 16 dans la matinée, nous avons recherché la présence d'Abeilles marquées parmi les butineuses des ruches voisines; nous avons trouvé dans la ruche située à 1 m à droite de la colonie marquée, deux Abeilles actives sur 116 examinées, dans sa voisine de gauche située également à 1 m environ, nous en avons repéré trois sur un échantillon de 115. Les autres ruches du rucher ne donnèrent que des résultats négatifs. Ces chiffres ne doivent évidemment pas être considérés comme donnant une mesure absolue de la dérive des butineuses puisqu'il est probable qu'un transfert de nourriture et partant de radioactivité peut, dans certains cas, se produire entre la butineuse égarée et les habitantes. Il est cependant possible d'employer cette méthode avec profit pour étudier cette question dont l'intérêt pratique est certain. Le but principal de cet essai était cependant de fixer les conditions dans lesquelles une étude du butinage pouvait être effectuée à l'aide des radioisotopes. Toutes les ressources mellifères ou pollénifères furent repérées dans un rayon de 3 km autour de la ruche étudiée et des prélèvements d'abeilles

furent effectués sur les lieux de butinage. La reconnaissance des Abeilles marquées est parfois possible en approchant l'élément sensible du scintillomètre de l'Abeille butineuse; mais seulement si cette dernière est suffisamment immobile. Selon certains facteurs, en particulier selon le type de la fleur visitée, le rythme de butinage est plus ou moins rapide, et l'Abeille se laisse plus ou moins bien approcher. En fin de compte, il semble bien plus avantageux de capturer la butineuse avec un filet de soie et de la relâcher après l'avoir examinée. Cette dernière méthode permet seule d'étudier les butineuses de la cime des arbres et rend possible l'utilisation d'une constante de temps élevée de l'appareil, accroissant ainsi la sensibilité du scintillomètre et facilitant le repérage. 1009 butineuses ont été prélevées dont 17 radioactives. Ce pourcentage assez faible en apparence est dû au fait qu'il n'y avait qu'une ruche marquée au milieu d'un rucher de trente colonies et que huit autres colonies se trouvaient à environ 1000 m de distance. Ces conditions d'ailleurs étaient indispensables pour l'étude d'un butinage normal.

Bien qu'il soit difficile de tirer des conclusions définitives de cet essai préliminaire, il est cependant possible en étudiant la répartition des captures de faire quelques remarques. Tout d'abord, le rayon maximum de dispersion que nous avons pu observer, 1100 m, confirme les vues de différents auteurs, par exemple Beutler ([2]), Tzygankov ([3]) qui montrèrent que, dans des conditions normales, les butineuses ne cherchent pas à travailler à grande distance.

L'hétérogénéité de la dispersion des ouvrières marquées est frappante, deux champs de plantes différentes, placés côte à côte, peuvent être l'un visité par la ruche étudiée, l'autre non visité; d'autres ne le sont par aucune Abeille. Ici interviennent sans doute, toute une série de facteurs; ceux signalés par Louveaux ([4]) lors de son étude de la récolte du pollen et ceux signalés dans un travail antérieur par Lecomte ([5]). En particulier, l'effet du relief, répulsif quand il s'agit d'un écran, attractif s'il s'agit d'une brèche, semble non négligeable. Une utilisation du marquage des butineuses par les radioisotopes permettra sans doute de donner, aux différents facteurs soupçonnés, leur importance réelle et de préciser les lois qui régissent ces comportements complexes.

(*) Séance du 30 juin 1958.
([1]) *Proc. Roy. Soc.*, B 140, 1952, p. 43-50.
([2]) *Z. Vergl. Physiol.*, 36, 1954, p. 266-298.
([3]) *Pchelovodstvo*, 6, 1953, p. 33-36.
([4]) *Thèse*, Fac. Sc., Paris, 1958.
([5]) *Z. Tierps.*, 13, 1, 1956, p. 26-30.

BIOLOGIE. — *Contribution à l'étude biologique des Sphégides (Hyménoptères). L'influence des piqûres de* Liris nigra *V. d. L.* (= Notogonia pompiliformis *Pz.*) *sur sa proie.* Note (*) de M. **André Steiner**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note précédente [1], nous avons exposé comment *Liris nigra* paralyse ses proies, des Gryllides (par exemple *Gryllulus domesticus*). Rappelons les principaux résultats énoncés dans cette dernière Note. A travers *six* « *aires de piqûres* » (désignées par des numéros), l'aiguillon de l'Hyménoptère atteint généralement, avec une assez grande précision, les trois ganglions nerveux thoraciques et le ganglion sous-œsophagien de la proie. Nous avons désigné par I *a* et I *b* les aires de piqûres pour le ganglion métathoracique, par II *a*, II *b* celles du ganglion mésothoracique, par III celle du ganglion prothoracique et enfin par IV celle du ganglion sous-œsophagien. Les actes aboutissant à la paralysie se déroulent habituellement suivant un rituel bien défini, qui peut être représenté par la *formule* fondamentale I *a* (ou I *b*) + III + II *b* + IV, *formule complète.* Divers facteurs peuvent raccourcir ce schéma-type; on obtient alors des *formules abrégées.* Nous exposerons ici brièvement les principaux effets des divers modes d'opération, sur la proie.

1. *État des proies piquées selon le rite habituel* (formule *complète* : I *a* + III + II *b* + IV). — Chacun des quatre ganglions est piqué. Chaque piqûre considérée isolément ne cause l'immobilisation instantanée que des appendices dépendant du ganglion nerveux touché. Après les piqûres, l'Insecte reste plongé dans une immobilité quasi absolue (hormis des mouvements de l'abdomen et des antennes); il ne répond plus aux excitations; le corps n'est plus soutenu par les pattes. Mais cet état ne dure pas et quelques minutes après l'immobilisation on assiste à ce qu'on peut nommer la « *phase de réveil* ». Les appendices recouvrent progressivement leur mobilité; le Grillon se tient à nouveau sur les pattes, il est capable de se retourner s'il est placé sur le dos, mais sa vivacité demeure fortement diminuée et surtout son *comportement spontané a presque entièrement disparu :* abandonné à lui-même, il ne cherche ni à s'échapper, ni à s'alimenter [2]. Cependant les *réactions* aux excitations mécaniques (locomotion, etc.) restent très vives, mais *cessent peu après la suppression de l'excitant.* L'état de la victime s'améliore lentement durant quelques jours; le comportement spontané peut réapparaître dans une certaine mesure; mais bientôt, l'Insecte retombe dans une torpeur qui ne fera que croître jusqu'à la mort, conclusion habituelle du processus; la paralysie totale gagne progressivement, en quelques jours, les appendices qui cessent de répondre aux excitations (*action tardive du venin ?*). *Notons que la possi-*

bilité de muer n'est pas abolie, mais le Grillon ne parvient généralement pas à se dégager de l'exuvie dans laquelle il reste emprisonné.

2. *État des proies ayant subi une série incomplète de piqûres* (formules *incomplètes* : I *a* + III + II *b*; I *a* + III; I *a* — III + II *b* + IV; III + I *b*; III; II *b*). — Les appendices épargnés par les piqûres manquantes conservent le pouvoir de réagir durant et après l'opération, l'*immobilisation générale du Grillon après la série complète de piqûres est la résultante des paralysies des différentes parties soumises successivement à l'action des piqûres* (absence d'action globale). Les effets d'une tentative de paralysie selon une formule « incomplète » sont généralement atténués : les appendices touchés réagissent plus précocement aux excitations; *le comportement spontané peut subsister à des degrés divers*; on observe même souvent un retour progressif à la vie normale, avec *guérison complète et durable*, sans apparition de la phase d'aggravation. En cas de mue, le Grillon parvient fréquemment à quitter l'exuvie (ou au moins à dégager les pattes épargnées par les piqûres de leurs fourreaux exuviaux).

3. *Relations entre la nature, la qualité des piqûres et l'état de la proie.* — Nous avons déjà signalé [1] que les séquences d'actes suivant des formules incomplètes s'observaient surtout lorsque le Sphégide paraissait *insuffisamment excité* par des situations stimulantes (externes ou internes, ou les deux) non optimales; ces séquences seraient des réactions *globales* incomplètes, entre lesquelles tous les intermédiaires existent d'ailleurs. Il y a toutes chances pour que *chaque* piqûre d'une telle séquence représente aussi une *réaction partielle* plus ou moins *incomplète.* Tout porte à croire, notamment, qu'il y a de grandes différences dans la quantité et peut-être la qualité du venin injecté lors de chaque piqûre, suivant l'intensité d'excitation de la Guêpe au moment de l'attaque (certaines piqûres étant même vraisemblablement pratiquées sans injection de venin); ce que des expériences non exposées ici semblent confirmer. *A une situation stimulante (externe et interne) optimum* [3], *le Sphégide répond par la série complète des piqûres, avec injection d'une dose normale de venin pour chaque piqûre. Les opérations incomplètes le sont à la fois par le nombre des piqûres et par la qualité de chacune d'elles (la dose de venin injectée étant supposée moindre, parfois nulle)*. Cette diminution de la quantité de venin injecté, serait responsable de l'atténuation des effets des piqûres sur les proies opérées suivant les formules incomplètes et de la possibilité de guérison définitive de la victime. Des expériences ont permis d'établir par ailleurs, que *pour amener l'abolition définitive du comportement spontané de la proie, il fallait que, d'une part, celle-ci ait reçu la piqûre IV dans le ganglion sous-œsophagien; d'autre part, qu'une quantité normale de venin ait été injectée durant l'administration de cette piqûre (condition stimulante optimale).* Un Grillon ayant reçu toutes les piqûres avec injection d'une quantité normale de

venin, sauf la piqûre IV, revient à une vie apparemment normale, après le « réveil » suivant l'opération, jusqu'à ce que l'action tardive du venin (phase d'aggravation) vienne lui enlever l'usage de ses pattes : son comportement spontané étant demeuré inaltéré.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3526.

(2) Notons qu'un Grillon paralysé peut broyer les aliments qu'on a soin de placer *directement* sur ses pièces buccales.

(3) *État interne optimal* : le prédateur doit se trouver engagé dans la « phase de chasse » de son cycle nidificateur ; *facteurs externes normaux* : la proie doit satisfaire à certaines conditions de taille, d'intégrité morphologique ; mais surtout, *ses réactions à l'attaque de la Guêpe* doivent être vigoureuses (fuite, sauts, etc.).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action tératogène de quelques substances antimitotiques chez le Rat.* Note de M. **Herbert Tuchmann-Duplessis** et Mme **Lucette Mercier-Parot**, présentée par M. Robert Courrier.

Cinq corps : 1-méthy-4 aminopyrazolo (3.4-*d*)-pyrimidin, triæthylenmelamin, 6-mercaptopurin, colcemide et uréthane, ont été administrés à doses variables les 7e, 8e et 9e jours de la gestation. Ils ont un fort pouvoir abortif et les deux premiers provoquent 6 % de malformations.

Les substances antimitotiques telles que, la colchicine, l'uréthane, l'azazarine, le triæthylenmelamin ainsi que les dérivés arsénicaux perturbent le développement de l'œuf des Batraciens et des Oiseaux et peuvent provoquer des malformations plus ou moins graves.

L'influence de ces corps ou celle d'antimitotiques récemment découverts sur le développement des Mammifères n'a été que très peu explorée. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'examiner leur action chez la Ratte gestante.

Nous avons examiné cinq corps : 1 méthyl-4-aminopyrazolo (3.4-*d*)-pyrimidin, triæthylenmelamin, 6-mercaptopurin, colcemide et uréthane. Ces substances ont été choisies d'une part parce qu'elles perturbent le métabolisme cellulaire en inhibant la synthèse des acides nucléiques, d'autre part parce que les quatre premières sont utilisées en clinique humaine dans le traitement des tumeurs malignes.

Toutes nos expériences ont été faites sur des rattes Wistar d'un poids moyen de 180 à 200 g. La gestation a été suivie par des frottis vaginaux quotidiens, la découverte des spermatozoïdes étant considérée comme le premier jour. Toutes les substances ont été administrées par voie sous-cutanée pendant 3 jours consécutifs, 7e, 8e et 9e jours de la gestation à des doses qui sont indiquées dans les tableaux. Dix rattes ont servi de

témoin : elles ont donné 93 fœtus, deux nodules de résorption et aucune malformation n'a été décelée.

Toutes ces substances, dont la grande toxicité est bien connue, perturbent la gestation en provoquant, soit une diminution du nombre moyen des fœtus par portées, soit des malformations visibles à l'examen direct.

TABLEAU I.

Action du 1-méthyl-4 aminopyrazolo (3.4-d)-pyrimidin sur la gestation de la Ratte.

Doses quotidiennes (mg).	Nombre de rattes.	Nombre d'avortements.	Nombre de foetus vivants.	Nombre de foetus morts.	Nombre de fœtus anormaux.
9	6	mortes	–	–	–
6	7	2	21	27	2
5	15	0	124	15	7
4,5	5	0	35	8	2
3	5	0	44	3	3

Le 1-méthyl-4 aminopyrazolo-(3.4-*d*)-pyrimidin (tableau I) réduit le nombre moyen des fœtus de 25 % et sur 224 fœtus vivants 14, soit 6 %, sont atteints de malformations : torsion du système axial, cœlosomie et microphtalmie.

TABLEAU II.

Action du triæthylenmelamin sur la gestation de la Ratte.

Doses quotidiennes (μg).	Nombre de rattes.	Nombre d'avortements.	Nombre de fœtus vivants.	Nombre de fœtus morts.	Nombre de fœtus anormaux.
75	6	6 meurent	–	–	–
30	7	0	48	25	2
25	12	2	81	19	3
18,75	4	0	20	4	3

Le triæthylenmelamin (tableau II) donne des résultats sensiblement analogues tant en ce qui concerne les résorptions fœtales que le pourcentage des malformations. Ces dernières intéressent uniquement l'œil.

TABLEAU III.

Action de la 6-mercaptopurin sur la gestation de la Ratte.

Doses quotidiennes (mg).	Nombre de rattes.	Nombre d'avortements.	Nombre de fœtus vivants.	Nombre de fœtus morts.	Nombre de fœtus anormaux.
12	6	3 meurent 3 avortent	–	–	–
3	5	5			
1,5	5	5	–	–	
0,75	5	5			
0,25	6	6	–	–	–
0,15	5	4	8	4	1
0,10	5	1	22	22	3

La 6-mercaptopurin (tableau III) a un fort pouvoir abortif puisque sur 34 femelles traitées 29 avortent et les cinq autres donnent seulement 30 fœtus vivants dont quatre présentent des œdèmes généralisés.

La colcémide administrée à neuf femelles à la dose de 0,20 mg provoque des résorptions et des morts fœtales (40 %), mais sur les 53 fœtus vivants aucun n'a présenté de malformations. Des doses de 0,50 mg se sont avérées incompatibles avec la gestation.

Enfin l'uréthane qui n'a été injectée qu'à une seule dose, 75 mg à six femelles, provoque un faible nombre de résorption et s'avère très faiblement tératogène puisque sur 35 fœtus on a relevé seulement un pied bot et un œdème.

Ces résultats montrent que les antimitotiques qui s'avèrent doués d'un très grand pouvoir tératogène lorsqu'ils sont mis directement au contact de l'œuf, comme chez les Batraciens et les Oiseaux, s'avèrent davantage abortifs chez la Ratte. Le pourcentage des malformations observées n'a pas dépassé 6 % dans nos expériences.

(Laboratoire d'Embryologie. Faculté de Médecine, Paris.)

GÉNÉTIQUE. — *Les épisomes, éléments génétiques ajoutés.* Note de MM. **François Jacob** et **Élie L. Wollman**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Aux déterminants génétiques classiques peuvent être opposés certains éléments qui sont, soit présents, soit absents de la cellule et, lorsque présents, sont soit autonomes, soit intégrés. Ils sont alors fixés sur le génome cellulaire. Le terme d'épisome est proposé pour désigner ces éléments.

Les déterminants qui font l'objet de la génétique classique sont des unités faisant partie intégrante de la structure des chromosomes. Sauf cas exceptionnels (délétions), ils sont toujours présents sous l'une ou l'autre de leurs formes alléliques. Constituants essentiels des chromosomes, ils n'ont pas en général d'existence autonome.

A ces éléments génétiques classiques, on peut opposer d'autres éléments qui peuvent être, soit présents, soit absents et qui, dans la cellule, peuvent être, soit indépendants, soit fixés sur le génome. A ces éléments ajoutés qui, lorsque présents, peuvent conférer à la cellule certaines propriétés héréditaires, nous proposons de donner le nom d'*éléments épisomiques* ou *épisomes*.

Les bactéries constituent un matériel particulièrement favorable pour l'étude des éléments épisomiques, en raison de leur nature haploïde et du mécanisme de leur conjugaison.

Le cas le mieux connu est celui des bactériophages tempérés. Un génome phagique, introduit dans une bactérie, peut évoluer selon deux processus distincts [1]. Il peut se multiplier de manière autonome, végétative, ce qui aboutit à la formation de particules infectieuses et à la lyse de la bactérie. Il peut aussi se fixer à l'état de prophage en un point spécifique du chromosome bactérien et se répliquer en harmonie avec celui-ci. Il y a tout lieu de penser que le prophage est ajouté au génome bactérien et qu'il n'est ni substitué à un segment allélique, ni inséré dans la continuité du chromosome [2]. Il se comporte comme un élément génétique bactérien mais, sous l'effet de certains agents, dits inducteurs [1], ou à la faveur de la conjugaison [2], le prophage peut quitter son locus spécifique et évoluer vers l'état végétatif. Le génome phagique peut donc exister dans une bactérie sous deux états d'ailleurs incompatibles : en effet, la présence d'un prophage inhibe la multiplication végétative d'un génome phagique homologue, c'est l'*immunité* [1], [2].

Élément génétique ajouté et pouvant exister sous deux états, autonome et intégré, le génome d'un phage tempéré possède tous les caractères des éléments que nous nous proposons de grouper sous le nom d'épisomes.

Un second exemple est fourni par les déterminants génétiques de la synthèse des colicines. Alors que l'analyse génétique des recombinants formés dans les croisements ne permet pas de les localiser sur le chromosome bactérien [3], certaines méthodes propres à la génétique bactérienne permettent d'établir cette localisation [4]. Tout se passe comme si, au cours de la conjugaison, un déterminant colicinogène pouvait quitter son locus chromosomique, se multiplier de façon autonome, puis s'intégrer à nouveau dans les produits de ségrégation du zygote. Comme un prophage, un déterminant colicinogène donné semble donc pouvoir se fixer sur le chromosome de la bactérie en un locus spécifique ou se multiplier de façon autonome.

Un troisième exemple est fourni par le déterminant sexuel d'*Escherichia coli*. Le facteur sexuel F est présent chez les souches donatrices, F^{+} ou Hfr, et absent chez les souches réceptrices F^{-} [5]. Au cours de la conjugaison, il peut être transmis très efficacement de bactéries F^{+} à bactéries F^{-} sans liaison apparente avec les autres déterminants. Nous avons constaté que le facteur F, pas plus que le déterminant colicinogène, ne ségrège parmi les produits d'un zygote isolés au micromanipulateur. Il faut donc admettre que le facteur F est capable de se multiplier de façon autonome. Chez les mutants Hfr des bactéries F^{+}, le facteur F est intégré et peut être localisé sur le chromosome bactérien [6]. Fait important, la position qu'il occupe sur le groupe de liaison diffère d'une souche Hfr à une autre. Ajoutons que les deux états F^{+} et Hfr sont incompatibles.

Prophages, déterminants colicinogènes et facteur sexuel, semblent donc

tous les trois répondre à la définition des éléments épisomiques. La propriété qu'ont ces éléments d'exister sous deux états, autonome et intégré, a deux conséquences : 1° les propriétés des épisomes, comme celles qu'ils confèrent à la cellule peuvent varier selon leur état; 2° les résultats des croisements réciproques peuvent être asymétriques (prophages inductibles et déterminants colicinogènes) ce qui rend malaisée leur localisation chromosomique. On pourrait rapprocher de ces éléments certains facteurs génétiques « non localisables » mis en évidence chez les organismes supérieurs dans de nombreux cas d'hérédité maternelle ou cytoplasmique (7), facteurs dont quelques-uns sont infectieux tels les virus responsables de la sensibilité au CO_2 (8) ou de la proportion des sexes (9) chez la drosophile. Pourraient également être rapprochés des épisomes les éléments décrits chez le maïs (10) qui sont localisables dans les croisements, mais dont la position chromosomique peut varier.

Si l'analyse génétique devait permettre d'étendre la notion d'épisome, on pourrait envisager l'intervention de tels éléments dans le déterminisme de processus complexes comme la différenciation cellulaire et la transformation néoplasique.

Quoi qu'il en soit, il existe une catégorie d'éléments génétiques qui, malgré la diversité de leur nature, de leur comportement et des fonctions qu'ils gouvernent, présentent des propriétés communes les distinguant des constituants chromosomiques normaux. Ils peuvent être, soit présents, soit absents de la cellule, et, lorsque présents, peuvent être, soit autonomes, soit intégrés. A l'état intégré, certains d'entre eux occupent toujours une position définie sur le génome. D'autres peuvent occuper des positions différentes. Dans certains cas, l'épisome, à l'état intégré, empêche la multiplication autonome du même élément à l'état non intégré, sans que cette propriété puisse encore être considérée comme un caractère général des éléments épisomiques.

(1) A. Lwoff, *Bact. Rev.*, 17, 1953, p. 269.

(2) F. Jacob et E. L. Wollman, *The Chemical Basis of Heredity*, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1957, p. 468.

(3) P. Fredericq et M. Betz-Bareau, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 1653.

(4) L. Alfoldi, F. Jacob, E. L. Wollman et R. Maze, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3531.

(5) L. L. Cavalli, J. Lederberg et E. M. Lederberg, *J. Gen. Microb.*, 8, 1953, p. 89.

(6) F. Jacob et E. L. Wollman, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1840.

(7) E. Caspari, *Adv. in Genetics*, 2, 1948, p. 1.

(8) P. L'Héritier, *Adv. in Virus Research*, 5, 1958, p. 195.

(9) K. Malogolowkin et D. Poulson (sous presse).

(10) B. Mc Clintock, *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.*, 16, 1951, p. 13.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Répartition et activité de la 1-phosphofructoaldolase.* Note de Mme **Fanny Schapira**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons étudié l'activité de la 1-phosphofructoaldolase, et son affinité pour le fructose-1-phosphate dans différents tissus de plusieurs espèces animales.

H. G. Hers et P. Jacques (1), F. Leuthardt, E. Testa et H. P. Wolf (2), ont montré qu'il existe des différences importantes entre les aldolases du muscle et du foie. Ces enzymes scindent à la même vitesse le fructose 1.6-diphosphate; mais alors que l'aldolase hépatique scinde le fructose-1-phosphate, l'aldolase musculaire n'a que peu ou pas d'activité sur ce dernier substrat. Récemment, U. Kaletta-Gmünder, H. P. Wolf et F. Leuthardt ont réussi à séparer partiellement dans le foie, par chromatographie, la diphosphofructoaldolase de la 1-phosphofructoaldolase (3).

Ayant montré dans une publication antérieure (4) que ces deux types d'aldolase existaient dans le sérum, nous nous sommes proposé d'étudier la répartition de la 1-phosphofructoaldolase dans différents tissus, afin de contribuer à éclaircir le problème de l'origine tissulaire de l'aldolase circulante.

Technique. — Nous avons préparé nous-même le fructose-1-phosphate :

— soit par phosphorylation de la fructokinase, elle-même partiellement purifiée à partir de foie de bœuf selon la technique de H. G. Hers (5);

— soit par condensation enzymatique du dihydroxyacétone-1-phosphate avec le *d*-glycéraldéhyde, selon la technique de O. Meyerhof, K. Lohmann et P. Schuster (6), (7).

Les dosages sont pratiqués selon la technique de J. A. Sibley et A. L. Lehninger (8) adaptée en ultramicrométhode. Il est nécessaire d'étalonner cette technique colorimétrique par un dosage du phosphore alcalilabile des trioses formés; les phosphatases tissulaires ont été écartées par ultracentrifugation à 100 000 *g* pendant 1 h.

Les résultats sont exprimés en millimolécules d'hexoses scindés à 38° C/h et par gramme de tissu frais, ou en micromolécules par millilitre de sérum.

Résultats. — Nous avons constaté la présence de 1-phosphofructoaldolase, non seulement dans le foie (1), (2) et dans le rein (9), mais encore dans la portion initiale de l'intestin grêle du Rat et du Lapin. Nous avons déterminé la constante de Michaëlis de la 1-phosphofructoaldolase de ces trois organes : elle est comprise entre 5.10^{-3} M et 10^{-2} M.

Tableau I.

	Foie.	Rein.	Duodénojéjunum
Diphosphofructoaldolase	0,58	0,27	0,071
1-phosphofructoaldolase	0,58	0,19	0,066

Le tableau I expose les activités des deux aldolases dans ces trois tissus du Rat (chaque chiffre représentant la moyenne de trois expériences, avec dosage simultané des deux enzymes).

Nous n'avons, par contre, décelé aucune activité 1-phosphofructo-aldolasique dans les organes ou tissus suivants du Rat : muscle strié, globules rouges, cerveau, rate, poumons, gros intestin, bien que l'activité diphospho-fructoaldolasique y soit constante, et même souvent intense.

Chez le Lapin, l'activité relative des deux aldolases dans le foie, le duodénum et le rein est comparable à celle du Rat. On décèle de plus des traces d'activité 1-phosphofructoaldolasique dans le poumon, l'œsophage et le gros intestin.

Nous avons constaté de même la présence de 1-phospho-fructo-aldolase dans le foie de la Souris et de l'Homme.

Nous avons déterminé par ailleurs l'activité des deux aldolases plasmatiques chez le Rat, le Lapin, la Souris et l'Homme. Le tableau II expose les moyennes obtenues :

Tableau II.

	Diphosphofructoaldolase.	1-phosphofructoaldolase.
Rat	1,1 ± 0,13	0,23 ± 0,09
Lapin	[illegible]	[illegible]
Souris	6,1	[illegible]
Homme	0,33 ± 0,06	traces (< 0,05)

Discussion. — Le plasma du Lapin se caractérise par une activité 1-phosphofructoaldolasique relativement élevée; mais celle-ci existe normalement dans toutes les espèces étudiées. Cette activité vis-à-vis du fructose-1-phosphate ne peut être attribuée à l'aldolase musculaire présente dans le sérum, puisque si celle-ci, selon H. G. Hers (5) est capable de scinder ce substrat, sa vitesse de scission est extrêmement faible. De plus, chez les myopathes où l'activité de l'aldolase musculaire du sérum augmente de 5 à 30 fois, l'activité vis-à-vis du fructose-1-phosphate reste à l'état de traces. On peut donc conclure que l'activité aldolasique du plasma normal provient de plusieurs organes.

(1) *Arch. Intern. Physiol.*, **61**, 1953, p. 260.

(2) *Helv. Chim. Acta*, **36**, 1953, p. 227.

(3) *Helv. Chim. Acta*, **40**, 1957, p. 1027.

(4) *Comptes rendus*, **245**, 1957, p. 808.

(5) *Le Métabolisme du Fructose*, Arscia, Bruxelles, 1957.

(6) Il est à noter que nous avons employé du *dl*-glycéraldéhyde ; on obtient dans ce cas un mélange de fructose-1-phosphate et de sorbose-1-phosphate. Nous avons vérifié que les résultats obtenus étaient néanmoins comparables aux résultats obtenus avec le fructose-1-phosphate pur.

(7) *Biochem. Z.*, 286, 1936, p. 319.
(8) *J. Biol. Chem.*, 177, 1949, p. 859.
(9) *Helv. Chim. Acta*, 40, 1957, p. 1033.

(*Travail du Laboratoire de Recherches de Biochimie médicale, Hôpital des Enfants-Malades, Paris.*)

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les modifications apportées aux combinaisons collagène-mucopolysaccharides* in vitro *par des polypeptides basiques extraits de granulomes inflammatoires.* Note (*) de Mlle **Suzanne Bazin** et M. **Albert Delaunay**, transmise par M. Gaston Ramon.

Nous avons montré précédemment (1) que les combinaisons collagène-mucopolysaccharides sont plus ou moins troublées quand elles doivent se faire en présence de certains polypeptides.

Or, nul n'ignore que les granulomes inflammatoires sont extrêmement riches en produits polypeptidiques, ceux-ci provenant des désintégrations cellulaires. Par là, on se trouve conduit à poser cette question : en quelle mesure ces polypeptides peuvent-ils gêner *in vivo*, dans la trame conjonctive, la mise en place normale des liaisons collagène-acide chondroïtine-sulfurique ou collagène acide-hyaluronique ou collagène-héparine ? Pour le savoir, nous avons institué tout un programme d'expériences. Nous présentons ici les résultats de la première série. Ce que nous voulions déterminer avec elle était l'influence exercée *in vitro* sur les combinaisons collagène-MP, par des polypeptides basiques extraits de foyers inflammatoires aseptiques.

Matériel utilisé. — A. *Collagène* A. — Il a été préparé dans les conditions habituelles, celles indiquées par Nageotte (2). Notre solution de collagène, de pH 4,3, contenait 0,8 mg de protéine par millilitre.

B. *Mucopolysaccharides.* — *Héparine* Hoffman-Laroche (solution contenant 0,10 mg d'héparine par millilitre); *acide chondroïtine-sulfurique* (0,20 mg/ml) (3).

C. *Polypeptides.* — 1° *Mode d'obtention.* — Des granulomes formés, après injection sous-cutanée chez des lapins, de 0,5 ml d'essence de térébenthine, sont prélevés de 1 à 15 jours après l'injection. Ils sont broyés en présence d'eau physiologique puis, par centrifugation, cette préparation est séparée en deux parties. *a.* Au *liquide surnageant* est ajouté de l'acide chlorhydrique en quantité suffisante pour obtenir une concentration finale en acide de 1,5 N. Un volumineux précipité apparaît. Il est éliminé par centrifugation. Le nouveau surnageant est saturé par du ClNa. Le précipité qui prend naissance est recueilli puis purifié par redissolution dans du ClH dilué et précipitation par du ClNa (cela à deux reprises). Après cela, il est soumis à une dialyse (pour éliminer le ClNa), puis lyophilisé. Le produit finalement obtenu, nous l'avons désigné par les initiales *PBL*. *b.* De son côté, le *résidu* fourni par le traitement par l'eau physiologique des granulomes broyés était repris

par une solution M de ClNa, puis soumis à deux congélations et décongélations rapides. Après centrifugation, le surnageant était acidifié par du ClH (concentration finale en acide : 0,2 N). Apparition d'un nouveau précipité. Il était éliminé par centrifugation. Le surnageant se voyait alors traité par du ClNa à saturation et le précipité qui avait pris place était purifié selon la méthode indiquée ci-dessus. Ce second produit, nous l'avons appelé *PBC*.

2° *Caractères physicochimiques*, — *PBL* et *PBC* ont donné tous deux une réaction du biuret fortement positive. Ils contiennent de la tyrosine et de l'arginine. Ils ne possèdent ni tryptophane, ni phosphore, ni pentose. Ils recèlent une petite proportion de glucides (surtout *PBL*); parmi ces glucides, il y a une trace d'hexosamine. Des *essais de solubilité*, faits dans des tampons de Mc Ilvain de pH 3 à pH 9, ont montré que la solubilité des deux produits était différente : *PBL* présente un minimum de solubilité vers pH 5; la solubilité de *PBC* ne diminue qu'aux pH > 7,5; elle s'annule à pH 9. L'ensemble de ces résultats montre que les deux fractions isolées sont relativement proches l'une de l'autre, toutefois que le caractère basique de *PBC* est nettement plus marqué que celui de *PBL*.

Conduite des expériences. — *PBL* et *PBC* ont été mis en solution, à des concentrations variables et à pH 4,3. Ces solutions ont été mélangées :

— en volume égal, à une solution de collagène A (pH 4,3);

— en volume égal, à des solutions de *MP* (héparine ou A. Ch. S.) de pH 4,3, ces MP étant utilisés à la dose optimum précipitante pour le collagène A [4];

— en volume égal, à une solution de collagène A. Après un contact de 30 mn, était jointe au mélange une solution de MP (héparine ou A. Ch. S.) contenant une quantité de MP correspondant à la dose optimum précipitante pour le collagène présent dans le milieu.

Résultats. — 1° A pH 4,3, les mélanges collagène + *PBL* (ou + PBC) sont restés indéfiniment limpides.

2° Dans les mélanges MP (héparine ou A. Ch. S.) + *PBL* ou *PBC*, est apparu un précipité finement granuleux, ce précipité n'étant pas modifié par un chauffage à 60° C.

3° Nous avons résumé les faits observés après addition de MP aux mélanges collagène + *PBL* ou *PBC* dans le tableau suivant. Rappelons que les fibres normalement formées par la combinaison du collagène A avec des MP (héparine ou A. Ch. S.) sont abondantes et qu'elles se contractent à 48° C.

			Nature et dose du MP ajouté au mélange collagène — polypeptide.	
			Héparine (0,1 mg/ml).	A. Ch. S. (0,2 mg/ml).
Nature et dose du polypeptide mélangé au collagène	*PBL*	2 mg/ml.	Louche	Précipité granuleux peu abondant, stable à 60° C
		1 mg/ml.	Fibres peu abondantes qui se contractent à 48° C	Fibres peu abondantes qui se contractent à 48° C
	PBC	2 mg/ml.	Précipité granuleux peu abondant, stable à 60° C	Précipité granuleux peu abondant, stable à 60° C
		1 mg/ml.	Id.	Id.
		0,5 mg/ml.	Fibres peu abondantes qui se contractent à 48° C	Fibres peu abondantes qui se contractent à 48° C

Conclusions. — Des polypeptides basiques retirés de granulomes inflammatoires sont capables de troubler *in vitro* les combinaisons collagène-MP. En présence d'une dose faible de polypeptide, la combinaison qui se forme est du type collagène-MP normal mais elle est peu abondante; en présence de doses plus élevées, la combinaison est du type polypeptide-MP. L'action inhibitrice des polypeptides est d'autant plus nette que le caractère de ceux-ci est plus fortement basique. Des interactions de cet ordre ont-elles également lieu *in vivo* ? La réponse fera l'objet d'une prochaine publication.

(*) Séance du 30 juin 1958.

(1) *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2190.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 715.

(3) *Nutritional Biochemicals Corporation.*

(4) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 834; *Sem. Hôpitaux* (*Path. et Biol.*), **12**, 1956, p. 335.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Localisation surrénalienne initiale de la vitamine* D_3 *après injection intraveineuse chez le Rat.* Note de MM. **Yves Raoul** et **Jean-Claude Gounelle**, présentée par M. René Fabre.

Cruickshank et Kodicek (1) ont trouvé que la vitamine D_2, administrée *per os* à la dose de 40 000 U. I. chez le Rat, se retrouve deux jours après, à la même concentration, dans les capsules surrénales, le foie, les reins, la rate et les poumons (100 à 200 U. I. par gramme de tissu frais). L'importance particulière du cortex surrénal dans le métabolisme calcique au niveau de l'os [Carlsson et Rosengren (2)], du sang [Pincus, Natelson et Lugovoy (3)], des parathyroïdes [Blumenfeld et Clausen (4); Raoul et Marnay (5)] nous a incités à rechercher la localisation initiale de la vitamine D.

Pour éliminer diverses perturbations dans la durée d'absorption, nous administrons la vitamine D_3 par voie intraveineuse à dose aussi modérée que possible : 50 μg (2 000 U. I.) environ pour un rat mâle normal de 150 à 200 g. La vitamine, dissoute dans le minimum d'alcool éthylique, est dispersée dans 0,2 à 0,3 ml de sérum physiologique et injectée dans la veine du pénis, sous anesthésie à l'éther.

Les capsules surrénales des rats traités et des rats témoins recevant seulement du sérum physiologique sont, après broyage, extraites à l'éther sans peroxydes à deux reprises pendant 10 mn. On reprend l'extrait évaporé dans l'éther de pétrole (type chemin de fer, rectifié, É 40-60°) et chromatographie sur alumine de Brockmann. Les esters de vitamine D seraient entraînés dans l'éther de pétrole et l'on constate ici leur absence. La vitamine D_3-alcool est éluée par le mélange éther de pétrole (9 p.)-éther (1 p.) ou par un mélange un peu plus éluant. On caractérise et titre

par spectrographie dans l'ultraviolet où l'on constate l'absorption particulière de la vitamine D_3 à 265 mμ. Dans certains cas les témoins ne présentent aucun maximum d'absorption de 235 à 300 mμ; dans les autres cas, l'absorption à 265 mμ se déduit par différence entre les valeurs trouvées chez les animaux ayant reçu la vitamine D_3 et celles obtenues chez les témoins. On a vérifié l'identité de la vitamine D_3 ainsi isolée par différents procédés : sublimation sous haut vide à température inférieure à 100° et contrôle spectrographique qualitatif et quantitatif ultérieur; vérification de la conformité de diverses réactions colorées avec les réactifs de Carr et Price, de Liebermann-Burchard, le furfural et l'acide trichloracétique en solution benzénique; chromatographie sur papier Whatman n° 2 par la technique de Kodicek et Ashby ([6]) avec révélation au furfural et au réactif de Raoul et Meunier ([7]), R_f 0,66 (solvant : méthanol); contrôle biologique quantitatif ([8]) sur le Poulet. Les essais sur les animaux témoins sont entièrement négatifs dans les conditions expérimentales réalisées. La vitamine D_3 est recherchée aussi dans le foie par une technique analogue, en éliminant la vitamine A par passage sur « floridine » ([9]) des différentes fractions de chromatographie. Le tableau I résume les résultats moyens obtenus.

TABLEAU I.

Teneur en vitamine D_3 *des surrénales et du foie de rats de* 30 mn *à* 8 h *après injection intraveineuse de cette vitamine.*

Délai	30 mn.	60 mn.	2 h.			4 h.		8 h.
Dose injectée (μg)	40	40	40	85	170	40	85	40
Surrénales (μg)	35	15	0	0	0	0	0	0
Foie (μg)	0	–	0	9	17	0	–	0

Le chiffre 0 correspond éventuellement à des quantités indosables de l'ordre de quelques microgrammes.

L'examen de ce tableau montre qu'en un temps court la presque totalité de la vitamine D_3 (jusqu'à 95 % dans un cas) se retrouve dans les surrénales, mais elle en disparaît très rapidement. La vitamine D_3 n'apparaît dans le foie que si les quantités injectées sont un peu plus importantes, mais les proportions retrouvées sont faibles (7 à 15 %).

Techniquement ces expériences présentent l'inconvénient de se situer aux limites des possibilités analytiques mais, par suite des faibles dimensions des capsules surrénales, de plus fortes doses de vitamine D_3 risqueraient de se disperser dans divers organes de façon non physiologique. D'autre part, après des délais d'une heure ou plus, on voit apparaître dans les capsules surrénales des animaux traités des substances absorbant dans l'ultraviolet à 250 mμ qui peuvent provenir de la transformation sur place de la vitamine D_3 et dont nous étudions la nature.

En résumé, l'administration intraveineuse de doses modérées de vita-

mine D_3 au Rat permet de constater une localisation initiale au niveau des capsules surrénales.

(1) E. M. Cruickshank et E. Kodicek, *2nd Int. Cong. Biochem. Abstr.*, 1952, p. 217.

(2) A. Carlsson et E. Rosengren, *Kgl. Fysiograf. Sällskap und Förh.*, 25, 1955, p. 79.

(3) J. B. Pincus, S. Natelson et J. K. Lugovoy, *Proc. Soc. Exp. Biol.*, N. Y., 78, 1951, p. 24.

(4) C. M. Blumenfeld et F. W. Clausen, *Amer. J. Physiol.*, 128, 1940, p. 577.

(5) Y. Raoul et C. Marnay, *J. Physiol.*, 50, nº 2, 1958, p. 471.

(6) E. Kodicek et D. R. Ashby, *Biochem. J.*, 57, 1954, p. xii.

(7) Y. Raoul et P. Meunier, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 546.

(8) Cet essai a été effectué par Mme Guerillot-Vinet.

(9) Type XXS de la Floridine Adsorbents Company, Warren, Pennsylvanie.

CHIMIOTHÉRAPIE EXPÉRIMENTALE. — *L'hydroxymycine, nouvel antibiotique actif sur* Trichomonas vaginalis. Note de M. **Aron Vaisman** et Mlle **Annette Hamelin**, transmise par M. Gaston Ramon.

L'hydroxymycine, antibiotique extrait des bouillons de culture d'une souche nouvelle de Streptomyces, s'est révélé plus actif sur l'infection expérimentale de la Souris par *Trichomonas vaginalis* que les autres produits connus agissant sur cette infection.

Il est peu d'exemples, parmi les antibiotiques connus à ce jour, de substances présentant une activité inhibitrice ou léthale à l'égard des *Trichomonas.* Il nous a semblé intéressant, pour cette raison, de rechercher l'action éventuelle sur ces parasites d'un certain nombre de composés récemment isolés. L'un d'eux s'est révélé particulièrement actif : il s'agit de l'*hydroxymycine* (1), antibiotique basique produit par une souche nouvelle de Streptomyces isolée d'un échantillon de terre du Vénézuela; cette substance, dont le spectre antibactérien est très étendu, est utilisée sous forme de sulfate hydrosoluble.

Expérimentation. — Nous avons utilisé plusieurs souches humaines de *Trichomonas vaginalis*, isolées de prélèvements vaginaux, cultivées et entretenues sur un milieu liquide (préconisé par Mme Roiron-Ratner), de formule suivante :

Bouillon de viande peptoné	80 %
Glucose	0,5
Extrait de foie (solution demi-concentrée Choay)	0,05
Acide ascorbique	0,10
Phosphate monopotassique cristallisé	0,03
Réductose	0,25
Eau distillée	q. s. p. 100 ml

Après stérilisation à l'autoclave, on ajoute 10 ml de sérum humain stérile, 100 000 unités de pénicilline et 100 mg de streptomycine pour les 100 ml de milieu.

Action in vitro. — Des tubes contenant 10 ml de milieu sont ensemencés à 10^{-1} avec une culture de 48 h, très riche en *Trichomonas*. Immédiatement après, on ajoute l'hydroxymycine à des concentrations décroissantes allant de 10 mg à 1 μg/ml.

Les tubes sont placés à l'étuve à 37° C et des examens réguliers sont pratiqués immédiatement après l'addition de l'antibiotique et suivis pendant une semaine.

Nos constatations ont montré que l'action bactéricide est lente à se manifester. Dans les premières heures, aucune action, les parasites ne paraissent nullement touchés et restent parfaitement mobiles. Dès la 24e heure, alors que les tubes témoins montrent une multiplication active, les tubes contenant l'antibiotique à 500 μg et plus, montrent un arrêt de la prolifération, mais les parasites ont gardé encore toute leur mobilité. Ce n'est que vers le 3e jour qu'ils s'immobilisent, et l'on retrouve ces formes immobiles, paraissant bien conservées même le 8e jour.

En résumé, l'action *in vitro* est lente et faible par rapport à certains autres antibiotiques.

Action in vivo. — Des souris de 15 à 20 g sont infectées par voie intrapéritonéale avec 1 ml d'une culture de 48 h de *Trichomonas vaginalis*. Ces animaux sont répartis en lots de 10 dont un sert de témoin, sans aucun traitement. Les autres lots sont traités immédiatement par voie sous-cutanée quotidiennement pendant 10 jours. La majorité des témoins meurent entre les 5e et 10e jours, de même que les souris traitées par des doses trop faibles ou des produits inactifs. Ces animaux présentent tous de gros abcès principalement au niveau du foie avec un nombre infini de *Trichomonas* mobiles et une grande quantité de liquide péritonéal. Le tableau I résume un de nos essais.

TABLEAU I.

Hydroxymycine : 10 mg par jour.				Hydroxymycine : 5 mg par jour.				Témoins.			
Souris N°	Mortes.	Sacrifiées.	Nécropsies.	Souris N°	Mortes.	Sacrifiées.	Nécropsies.	Souris N°	Mortes.	Sacrifiées.	Nécro
1...	–	15e jour	Négative	11...	7e jour	–	Positive	21...	5e jour	–	Posi
2...		»	»	12...	9e »	–	»	22...	5e »	–	»
3...		»	»	13...	9e »	–	»	23...	5e »	–	»
4...		»	»	14...	10e »	–	»	24...	6e »	–	»
5...	–	»	»	15...	–	15e jour	Négative	25...	6e »	–	»
6...	–	»	»	16...	–	»	»	26...	6e »	–	»
7...	–	»	»	17...	–	»	»	27...	6e »	–	»
8...	–	»	»	18...	–	»	»	28...	7e »	–	»
9...	–	»	»	19...	–	»	»	29...	7e »	–	»
10...	–	»	»	20...	–	»	»	30...	7e		»

Il ressort de ce tableau que, à la dose de 10 mg par jour, pendant 10 jours, l'action est de 100 %, se traduisant par l'absence de mortalité et la stérilisation totale des animaux sacrifiés au 15e jour après l'infection. A la dose de 5 mg par jour, l'action est encore manifeste, puisque 60 % des souris sont préservées, par rapport aux témoins qui sont tous morts entre les 5e et 7e jours avec des lésions intenses.

Dans le tableau II sont condensés l'ensemble de nos essais.

TABLEAU II.

Hydroxymycine par voie sous-cutanée.	Dose : 10 mg par souris et par jour (action %).	Dose : 5 mg par souris et par jour (action %).
1er essai	90	Pas fait
2e »	100	60
3e »	100	Pas fait
4e »	100	60
5e »	100	Pas fait
6e »	90	»

Ce tableau nous montre que, sur six essais, la dose de 10 mg d'hydroxymycine par jour pendant 10 jours, a permis une stérilisation de 100 % à quatre reprises, et de 90 % dans deux essais. A demi-dose (5 mg), l'action est encore de 60 % dans les deux séries.

Nous pouvons ajouter que les essais cliniques en cours nous donnent des résultats très favorables sur lesquels nous reviendrons prochainement.

CONCLUSION. — L'antibiotique « hydroxymycine » (sulfate) s'est révélé actif *in vitro* sur *Trichonomas vaginalis*, mais son action est particulièrement intense *in vivo*. Chez la Souris infectée expérimentalement, son action dépasse celle de tous les autres composés actifs connus auxquels nous l'avons comparée.

(1) G. HAGEMANN, G. NOMINÉ et L. PENASSE, *Biochimica et Biophysica Acta* (sous presse). Les échantillons de produit pur ont été mis à notre disposition par les Services de Recherches Roussel-Uclaf.

(*Institut Alfred Fournier, Paris.*)

A 15 h 45 l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 20 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1958.

Les élèves de l'École supérieure de Physique et Chimie industrielles de la Ville de Paris 72ᵉ à 75ᵉ Promotions présentent *Physique et Chimie*. Ouvrage édité à l'occasion du 75ᵉ anniversaire de leur École sous le patronage de René Lucas. Paris, au Siège de l'École, 1958; 1 vol. 27 cm.

Dynamik och konstans i Gotlands flora och vegetation, av *Bengt Pettersson*. Thèse, in *Acta Phytogeographica Suecica* 40. Uppsala, Almqvist and Wiksells Boktryckeri AB, 1958; 1 vol. 27 cm.

Chimie minérale. Tomes I et II, par Louis Hackspill, Jean Besson, Albert Herold, in *Collection Euclide*. Paris, Presses universitaires de France, 1958; 2 vol. 18 cm.

La consultation des molécules, par Jean Barriol. Paris, Gauthier-Villars, 1958; 1 vol. 25 cm.

Détermination microscopique des minéraux des sables, par Solange Duplaix. Deuxième édition. Paris et Liège, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1958; 1 fasc. 22 cm.

La pompe funèbre de Lavoisier au lycée des arts, par P. Lemay. Extrait de la *Revue d'histoire de la Pharmacie*, nᵒ 156, mars 1958; 1 fasc. 23,5 cm.

Cuadernos de historia sanitaria. 11. *Permanencia de la doctrina de Finlay ante el XV Congreso internacional de historia de la medicina*, por Horacio Abascal, Cesar Rodriguez Exposito. *Prologo*, por Carlos Salas Humara. La Habana, Ministerio de salubridad y asistencia social, 1957; 1 fasc. 23,5 cm.

Cornell University. Symposium Papers on the Role of Agriculture in future society 1957. Geneva, N. Y., A unit of the State University of New York; 1 fasc. 23 cm.

Royaume du Maroc. Ministère de l'Économie nationale. *Mines et Géologie*, nᵒ 1, 1958. Rabat, Direction des Mines et de la Géologie; 1 fasc. 27,5 cm.

Fontenelle 1657-1757, par Suzanne Delorme, Geneviève Martin, Douglas McKie, Arthur Birembaut, in *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, tome X, nᵒ 4, 1957. Paris, Presses universitaires de France; 1 fasc. 25 cm.

François Quesnay, médecin et physiocrate. Exposition organisée à l'occasion du bi-centenaire de la publication du Tableau économique. Introduction de Louis Baudin. Paris, Archives nationales, 1958; 1 fasc. 20,5 cm.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. *Applications des constantes et données thermodynamiques des mélanges gazeux aux températures élevées*

(*Flammes, moteurs et propulseurs*), par Gustave Ribaud et Numa Manson. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'Aéronautique, 1958; 1 vol. 27 cm.

Estrutura e evolução do Universo, por Francisco Pereira De Bulhões Carvalho. Rio de Janeiro, Editor Borsoi, s. d.; 1 vol. 23 cm.

Studies of interactions of high energy protons with complex nuclei, by Helge Tyrén. Thèse. Uppsala, Appellbergs Boktryckeri AB, 1958; 1 fasc. 24 cm.

Neomycin, its nature and practical application, by Selman A. Waksman, Hubert A. Lechevalier, Burton A. Waisbren, Robert A. Day. Rutgers University, The Institute of microbiology. Baltimore, Maryland, The Williams and Wilkins cy, 1958; 1 vol. 23,5 cm.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia. *Aianduse arendamise Küsimusi eesti NSV-s* (Problème de développementde l'horticulture en Esthonie). Tallinn, Eesti Riiklik, Kirjastus, 1957; 1 vol. 23 cm.

Id. *Agrotehnika Küsimusi Testi NSV-s* (Problème de développement de la technique agricole en Esthonie). Tallinn, Eesti Riiklik Kirjastus, 1957; 1 vol. 23 cm.

Id. *C. G. Rückeri liivimaa spetsiaalkaardist* 1839. *Aastal* (Sur la carte spéciale de la Levonie de Rucker), par E. Varep. Tallinn, 1957; 1 fasc. 20,5 cm.

Id. *Eesti NSV imetajad* (Mammifères de l'Esthonie), par J. Aul, H. Ling, K. Paaver. Talinn, Eesti Riiklik Kirjastus, 1957; 1 vol. 27 cm.

Materialy V Sovechtchania po liouminestsentsii. (*Kristallofosfory.* (Les actes du 5e colloque sur la luminescence à Tartu, en 1956.) Tartu 25-30 iiounia 1956. Tartu, 1957; 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

Encyclopédie française. Tome XII. *Chimie. Sciences et Industrie.* Paris, Société nouvelle de l'Encyclopédie française, 1958; 1 vol. 30,5 cm (présenté par M. P. Pascal).

L'*Avenir de la science*, 28. L'*homme et l'évolution*, par Albert Vandel. XIe Édition revue et augmentée. Paris, Gallimard, 1958; 1 vol. 20 cm.

Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, 1948, 543 : *Triphényl-2, 5, 5 imidazolinone-4. Nouvelle synthèse. Étude sur sa formation dans l'ancienne synthèse par le benzile et la benzamidine*, par Guy Rio et André Ranjon; 1 tirage à part 27 cm.

Une rivalité célèbre. Réaumur et Buffon, par Jean Torlais, in *la Presse médicale*, n° 46. Paris, Masson, 1958; 1 fasc. 35 cm.

Extraits de *Boletin de la Facultad de ingenieria y agrimensura*, vol. VI, n° 5, octiembre 1957. *La incorporacion de electrones f en las envoluentes extranucleares de los lantánidos y de los actinidos*, par G. E. Villar. *Investigacion de trazas por radioactivacion*, par G. E. Villar. *Nuevos argumentos en favor de la serie de los actinidos*, par G. E. Villar. Montevideo, Instituto de tecnologia y Quimico de la Facultad de Ingeniera y agrimensura, 1957; 3 fasc. 24 cm.

Académie des sciences de l'U. R. S. S. Institut de biochimie A. N. Bakha. *Tannins et Anthocyanes du sarment de vin*, par S. V. Dourmichidze. Moscou, 1955; 1 vol. 20,5 cm (en langue russe).

El *Complejo porfirico de La Patagonia extraandina* y su fauna de anuros. II. Parte Paleontologica. *Los anuros del matildense*, por Osvaldo A. Reig. Tirada especial del *Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradicional de Mar Del Plata.* Buenos Aires, Imprenta y Case editora Coni, 1957; 1 fasc. 23 cm.

Une nouvelle méthode et une nouvelle table pour la résolution rapide des équations du 2[e], 3[e], 4[e] *degré*, par Aram H. Manavyan. Stamboul, Turquie, Imprimerie Ekspres, 1957; 1 fasc. 16,5 cm.

(*A suivre*).